



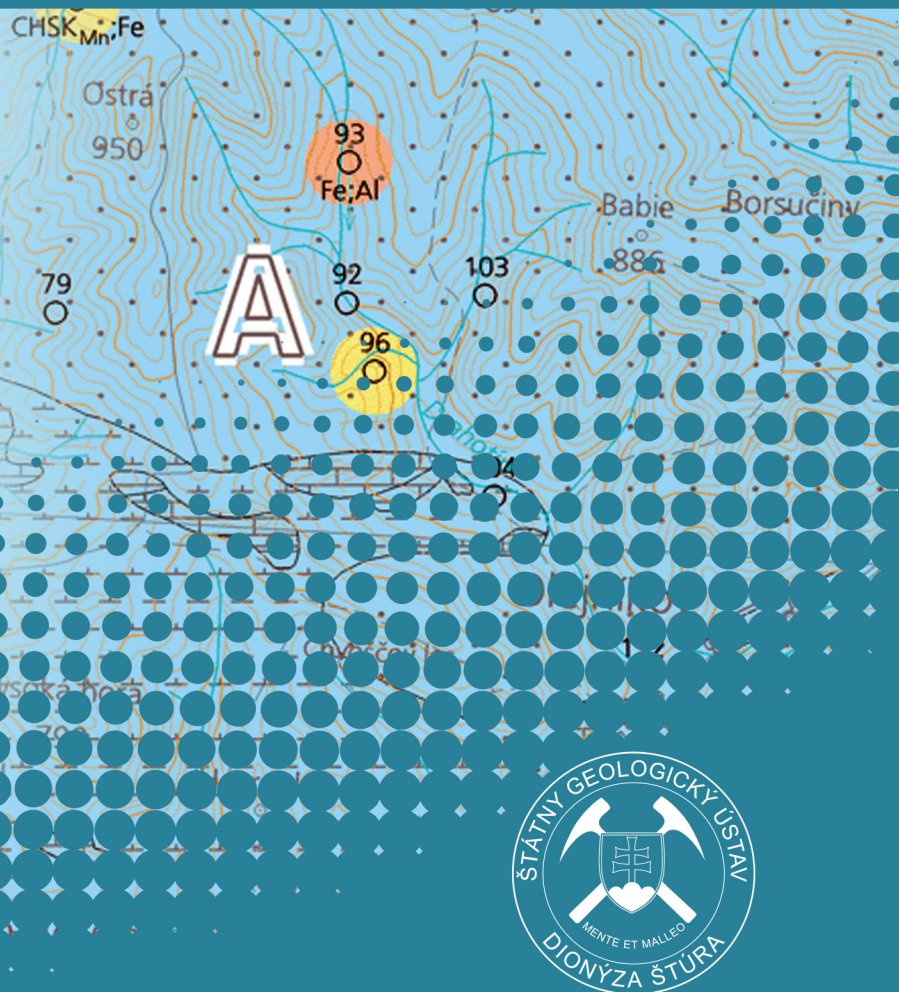
# VYSVETLIVKY

k základnej hydrogeologickej  
a hydrogeochemickej mape

## POHORIA ČERGOV

v mierke 1 : 50 000

DANIEL MARCIN  
SOŇA CICMANOVÁ  
STANISLAV OLEKŠÁK  
PETER BAJTOŠ  
FRANTIŠEK TEŤÁK





# VYSVETLIVKY

K ZÁKLADNEJ  
HYDROGEOLOGICKEJ  
A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE  
POHORIA **ČERGOV**  
1 : 50 000

**Recenzenti:**

RNDr. Ivan Šalaga

prof. RNDr. Zlatica Ženišová, CSc.

**Predseda vydavateľskej rady:**

Ing. Branislav Žec, CSc.

**Vedecký redaktor:**

RNDr. Juraj Maglay, PhD.

**Členovia redakčnej rady:**

RNDr. Klement Fordinál, PhD., RNDr. Lubomír Hraško, PhD., RNDr. Martin Kováčik, CSc., RNDr. Dušan Kúšik, RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., Mgr. Daniel Marcin, PhD., RNDr. Alexander Nagy, CSc., Ing. Zoltán Németh, PhD., RNDr. František Teťák, PhD., doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc.

DANIEL MARCIN, SOŇA CICMANOVÁ, STANISLAV OLEKŠÁK,  
PETER BAJTOŠ

# VYSVETLIVKY

K ZÁKLADNEJ HYDROGEOLOGICKEJ  
A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE

POHORIA ČERGOV

1 : 50 000

© ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA BRATISLAVA 2017

**ISBN 978-80-8174-011-4**

## OBSAH

ABSTRAKT	7
1. ÚVOD	9
2. PRÍRODNÉ POMERY	11
2.1. Geomorfologické pomery, charakter krajiny a vegetácie v území	11
2.2. Klimatické pomery	15
2.3. Hydrologické pomery	18
2.4. Činnosť človeka, významne ovplyvňujúca hydrogeologické a hydrogeochemické pomery územia	19
2.5. Geologické pomery	23
2.5.1. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia	23
2.5.2. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek	23
2.5.3. Geologicko-tektonická stavba územia	31
3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA	33
3.1. Súčasný stav hydrogeologickej a hydrogeochemickej preskúmanosti územia	33
3.2. Súčasný stav hydrogeochemickej preskúmanosti územia	34
3.3. Hranice hydrogeologických rajónov a útvarov podzemnej vody v území	34
4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA	36
4.1. Charakteristika dokumentačného materiálu použitého na zostavenie hydrogeologickej mapy	36
4.2. Spôsob spracovania hydrogeologických údajov	36
4.3. Charakteristika reprodukovateľnosti použitého hydrogeochemického dokumentačného materiálu	39
5. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA	43
5.1. Hydrogeologická charakteristika hornín	43
5.2. Obeh a režim podzemnej vody	55
6. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY	72
6.1. Charakteristika procesov tvorby chemického zloženia podzemnej vody regiónu	72
6.2. Charakteristika a klasifikácia chemického zloženia podzemnej vody	80
6.3. Charakteristika kvalitatívnych vlastností podzemnej vody z hľadiska vodárenského využívania	95
7. ÚDAJE O MNOŽSTVE A ODBEROCH PODZEMNEJ VODY	97
8. MINERÁLNA VODA	101
9. ZÁVER	104
10. LITERATÚRA	106
11. SUMMARY	109



Čergov – horské lúky.



Prameň Tople.



---

## ABSTRAKT

---

*Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa pohoria Čergov v mierke 1 : 50 000* zahŕňa územie s výskytom sedimentov bradlového pásma, paleogénu podtatranskej skupiny (hutianske súvrstvie), magurskej skupiny príkrovov (krynická tektonicko-litofaciálna jednotka) a kvartéru.

Dokumentačný materiál hydrogeologickej mapy pochádza z podrobného hydrogeologického mapovania v mierke 1 : 10 000, ktoré prebiehalo od roku 2002 do roku 2005, a prevzatých údajov z prác Baja et al. (1984) a Rapanta et al. (1996). V regióne Čergov bolo zdokumentovaných celkovo 1 620 prameňov, z toho v bradlovom pásme 229 a v oblasti flyšového pásma 1 391. Z tohto počtu bola prevažná väčšina prameňov sutinových (63 %), puklinovo-vrstvových (20 %) a puklinových (10 %). Menej boli zastúpené sutinovo-puklinové (4,5 %), vrstvomé (1,44 %), bariérové (0,75 %) a puklinovo-bariérové pramene (0,31 %). Každý zdokumentovaný prameň obsahoval údaj o nadmorskej výške výveru, dátum dokumentovania zdroja, teplotu vyvierajúcej vody, jej mernú elektrickú vodivosť, výdatnosť výveru, teplotu vzduchu, horninové prostredie obehu vyvierajúcej podzemnej vody, typ prameňa, lokalitu a prípadné ďalšie pozorovania.

Na zdokumentovanie vzťahu povrchovej a podzemnej vody bolo zrealizovaných 306 meraní prietoku na profiloch, z toho bolo v juhozápadnej časti regiónu 93 a v severovýchodnej časti 213. Pri meraní prietoku na povrchových tokoch sa merala teplota a vodivosť vody tak v hlavnom toku, ako aj v prítokoch.

Ďalším zdrojom údajov boli staršie hydrogeologické technické práce (Bajo et al., 1984, 1994) uložené v archíve Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (geofonde), ako aj údaje zo 17 prameňov, režimovo pozorovaných Bajom et al. (1984).

Hydrogeologická mapa študovaného územia v mierke 1 : 50 000 je zostavená podľa metodiky zostavovania hydrogeologických máp tejto mierky (Malík et al., 2003). Ide o plošné zobrazenie prvého zvodneného kolektora pri povrchu a jeho kvantitatívnych charakteristík, prípadne o zobrazenie zvodnených kolektorov uložených hlbšie pod povrchom. Vybrané základné charakteristiky zvodneného horninového prostredia sú na nej zobrazené takto:

- priemerná prietornosť zvodneného horninového prostredia farbou plochy,
- variabilita prietornosti intenzitou farby plochy a číselným indexom,
- litologické zloženie horninového prostredia druhom a smerom šrafy na ploche; vodorovnou šrafovou sú znázornené sedimentárne horniny uložené vodorovne a subhorizontálne,
- tektonické a stratigrafické zaradenie horninového prostredia indexom na ploche,
- významné hydrogeologické objekty a javy bodovými a líniovými značkami.

Základným kritériom na určenie priemernej prietornosti zvodneného horninového prostredia a jej variability boli výsledky spracovania archívnych údajov, hydrodynamické skúšky na vrtoch zo skúmaného územia (zo 66 hydrogeologických objektov je 56 s čerpacou skúškou) a výsledky spracovania údajov o výdatnosti výverov (získané vykonaným terénnym hydrogeologickým mapovaním a prevzatými výsledkami dlhodobých meraní).

Na základe geologickej stavby boli v skúmanom území vymedzené nasledujúce hydrogeologické celky, ktoré sa líšia hydrofyzikálnymi vlastnosťami hornín, charakterom obehu a režimu aj fyzikálno-chemickými vlastnosťami podzemnej vody:

- hydrogeologické celky bradlového pásma,
- hydrogeologický celok paleogénu podtatranskej skupiny,
- hydrogeologické celky krynickej jednotky,
- hydrogeologické celky kvartéru.

Podľa obehu a režimu podzemnej vody môžeme vyčleniť zóny v horninovom masíve regiónu Čergov, v ktorých je obeh podzemnej vody plytký a hlbší. Plytký obeh je charakteristický pre zónou pripovrchového rozvoľnenia (50 m) a tektonické porušenie horninového masívu nad erozívnu bázou. Hlbší obeh sa viaže na tektonicky porušené pásma značného hĺbkového dosahu (viac ako 100 m) pod úrovňou miestnej erozívnej bázy.

Na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou sa využívajú hlavne zdroje podzemnej vody viazané na horniny flyšového pásma, menej bradlového pásma a kvartéru. Okrem podzemnej vody sa na zásobovanie využíva aj povrchová voda z potoka Veska nad Hertníkom ( $1,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Množstvo podzemnej vody odoberané z regiónu Čergova predstavuje  $10,51 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , pričom z okresu Bardejov je to  $5,82 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , Prešov  $0,62 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , Sabinov  $1,97 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a Stará Ľubovňa  $2,10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ .

V regióne Čergova boli zdokumentované minerálne vody v Bogliarke, Hanigovciach, Jakubovanoch a Olejníkove. Mineralizácia týchto sulfánových vôd sa pohybovala od  $322,64 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Bogliarka) do  $620,58 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Jakubovany) a výdatnosť dosahovala od  $0,008 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (Jakubovany) do  $0,01 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (Bogliarka). Minerálny prameň v Bogliarke v súčasnosti zanikol. Prameň v Jakubovanoch stratil  $\text{H}_2\text{S}$  po jeho hlbšom zachytení a dnes je to obyčajná podzemná voda.

Na zostavenie hydrogeochemickej mapy bolo odobraných 50 vzoriek podzemnej vody, a to najmä z využívaných vodných zdrojov územia a prameňov so zistenou vyššou hodnotou konduktivity indikujúcou potenciálne hlbší obeh, resp. možnosť kontaminácie podzemnej vody. Okrem vlastných odberov sa pri zostavovaní hydrogeochemickej mapy použili výsledky staršieho vzorkovania podzemnej vody (Bajo et al., 1984, 1994; Rapant et al., 1996).

Z hydrochemického hľadiska v skúmanom regióne dominuje voda výrazného vápenato-(horečnato)-hydrogenuhličitanového typu so zastúpením zložky  $\text{S}_2$  ( $\text{SO}_4$ ) s mineralizáciou  $58 - 676 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Celková mineralizácia vody prameňov výrazne klesá so stúpajúcou nadmorskou výškou. V prípade hlbšieho obehu najmä vo vrtoch sa v dôsledku významného uplatnenia ionovýmienných procesov ( $\text{Ca} \rightarrow \text{Na}$ ) zistila voda chemického typu  $\text{Na-HCO}_3$  s vyššou mineralizáciou ( $214 - 867 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

Z kvalitatívneho hľadiska podzemná voda väčšinou vyhovuje legislatívnym požiadavkám na pitnú vodu. V zmysle smernice MŽP SR má najväčšie zastúpenie (54 %) najlepšia trieda kvality A. Druhá najpočetnejšia (23 %) je trieda kvality B, pri ktorej podzemná voda nevyhovela kritériám v ukazovateľoch požadovaného nasýtenia  $\text{O}_2$  ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a  $\text{Ca} + \text{Mg}$  ( $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Kvalitatívne triedy C (7 %) a D (4 %) určuje v území v dominantnej miere nadlimitný obsah Fe a tiež ukazovatele nasýtenia ( $\text{Ca} + \text{Mg}, \text{O}_2$ ). Pri kvalitatívnych triedach E, F, G a H je určujúci predovšetkým obsah  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  a lokálne aj Al.

---

# 1. ÚVOD

---

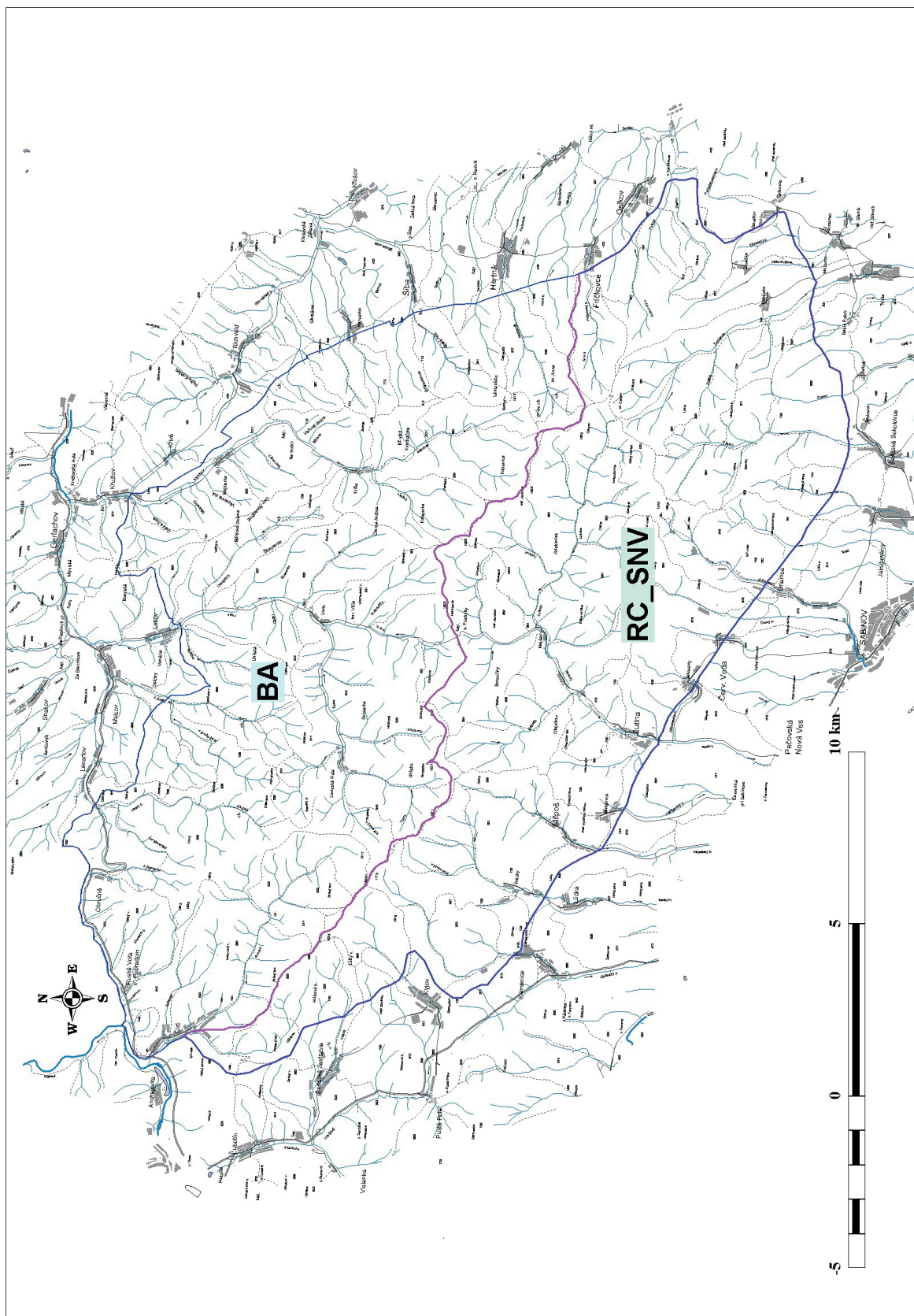
*Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa pohoria Čergov v mierke 1 : 50 000 je súčasťou riešenia geologickej úlohy vedy a výskumu číslo 12-02-9/0200 Základné hydrogeologické mapy vybraných regiónov Slovenska. Ide o územie medzi Bardejovom, Prešovom, Sabinovom a Plavčom s rozlohou 339 km<sup>2</sup>. Túto čiastkovú geologickú úlohu, ktorú financovalo MŽP SR, riešil Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v rokoch 2002 – 2005.*

Cieľom riešenia tejto čiastkovej úlohy bolo zhodnotiť a spracovať poznatky o hydrogeologických a hydrogeochemických pomeroch územia získané doterajšími výskumnými a prieskumnými prácami, doplnené o najnutnejšie práce, ktoré vyplývajú z metodiky zostavovania základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Základná hydrogeologická mapa plošne zobrazuje vybrané kvantitatívne charakteristiky prvého zvodneného kolektora pri zemskom povrchu. Základná hydrogeochemická mapa poskytuje plošné vyjadrenie kvalitatívnych a geochemických charakteristík podzemnej vody prvého zvodneného kolektora pri povrchu. Prínos riešenia je v komplexnom spracovaní základných informácií o zdrojoch podzemnej vody regiónu Čergova a v získaní podkladov na racionálne využívanie a cieľavedomú účinnú ochranu podzemnej vody.

Výstupom tejto čiastkovej úlohy je základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa regiónu Čergov v mierke 1 : 50 000 s textovými vysvetlivkami, zostavená podľa smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 26. októbra 2004 č. 8/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 a hydrogeochemická mapa podľa smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 26. októbra 2004 č. 9/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa bola zostavená podľa geologických podkladov Stránika (1963, 1965) a Nemčoka (1990).

Základnú hydrogeologickú a hydrogeochemickú mapu Čergova s vysvetlivkami zostavil kolektív pracovníkov ŠGÚDŠ z pracoviska v Bratislave a jej regionálneho centra v Spišskej Novej Vsi. Rozsah mapovaného územia je na obr. 1. Hydrogeologickú mapu zostavili Mgr. Daniel Marcin, PhD., a RNDr. Stanislav Olekšák, PhD. Hydrogeochemickú mapu a k nej príslušné kapitoly zostavili RNDr. Soňa Cicmanová a Ing. Peter Bajtoš. Kapitolu *Geologické pomery* vypracoval Mgr. František Teťák. Hydrogeologické mapovanie a meranie prietoku povrchových tokov v severovýchodnej časti územia uskutočnili Mgr. Daniel Marcin, PhD., a Fedor Masarik. Hydrogeologické mapovanie v juhozápadnej časti územia realizovali RNDr. Stanislav Olekšák, PhD., Ing. Peter Bajtoš, RNDr. Silvester Pramuka, Ing. Peter Baláž, PhD., Jozef Blahut, Peter Štofko a Vincent Augustín. Meranie prietoku povrchových tokov vykonávali RNDr. Stanislav Olekšák, PhD., Jozef Blahut, Ing. Peter Baláž, PhD., Pavol Ujházy, Juraj Hovanec, Peter Štofko a Vincent Augustín (príloha 4). Vzorky odoberali Juraj Hovanec a Pavol Ujházy. Technické práce pri spracovaní textových vysvetliviek k mape vykonala M. Krumpálová. Digitálnu dátovú vrstvu geológie do hydrogeologickej mapy pripravil RNDr. Štefan Káčer.

Základná hydrogeologická mapa pohoria Čergov v mierke 1 : 50 000 a legenda k mape boli vyhotovené prostredníctvom programu MapInfo a sú spracované podľa smernice MŽP SR č. 8/2004 z 26. 10. 2004 o zostavovaní základných geologických máp v mierke 1 : 50 000 a smernice MŽP SR č. 2/2000 z 13. 4. 2000 o zásadách spracovania a odovzdávania úloh a projektov v GIS.



Obr. 1. Rozsah zmapovaného územia a jeho rozdelenie medzi jednotlivé pracoviská Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra.

## 2. PRÍRODNÉ POMERY

### 2.1. GEOMORFOLOGICKÉ POMERY, CHARAKTER KRAJINY A VEGETÁCIE V ÚZEMÍ

Podľa najnovšieho geomorfologického členenia (Mazúr a Lukniš, 2002 a 1978) skúmaný región patrí až do troch geomorfologických oblastí (obr. 2.1.1).

Samotné pohorie Čergov patrí do oblasti Východné Beskydy. Západný cíp skúmaného regiónu patrí do Podhôrno-magurskej oblasti, k Spišsko-šarišskému medzihoriu, podcelku Ľubotínskej pahorkatiny.

Severný a severovýchodný okraj skúmaného regiónu patrí do oblasti Nízkych Beskyd, k Ondavskej vrchovine, čiastočne k podcelku Raslavická brázda. Južný okraj skúmaného regiónu patrí k Beskydskému predhoriu.



Obr. 2.1.1. Hranica študovaného územia a geomorfologické členenie Slovenska (Mazúr a Lukniš, 1986).

Čergov tvorí uzavretý, horizontálne málo členitý, morfologicky výrazný celok vytvorený vplyvmi tektoniky a pomerne odolných hornín. Územie je geologicky budované vonkajším flyšom a na juhu čiastočne bradlovým pásmom. Tvorí ho tektonicky vyzdvihnutá asymetrická kryha, budovaná prevažne odolnými hrubolavicovitými pieskovecami (obr. 2.1.2).

Po paleogénnom vyvrásnení bolo územie dnešného Čergova zarovnané denudačnými procesmi. Potom bolo územie vyzdvihnuté ako neogénna kryha pozdĺž erozívno-tektonickej depresie Raslavickej brázdy (obr. 2.1.3) na SV a nižšie položeného Šarišského podolia na JZ (obr. 2.1.4). O zarovnaní pohoria a jeho opätovnom nerovnomernom zdvihnutí svedčí sv. časť pohoria, ktorá je oproti západnej časti nižšie až o 300 m, ako aj rozdielna úroveň rássoch, ktorá kolíše medzi 700 – 1 000 m.

Zlomové stráne pohoria sú rozrezané pomerne krátkymi, ale hlbokými svahovými dolinami. Hlavný chrbát má miestami charakter hrebeňa, z ktorého vybiehajú pomerne dlhé rássochy, udržiavajúce konštantnú výšku pohoria približne 900 m. Relatívne výškové rozdiely medzi rássochami a dolinami dosahujú 200 – 450 m. Hlbšie do pohoria zasiahli údolia Tople, Slatvinca, Ľutinky, Večného potoka a Soliska (obr. 2.1.5 a 2.1.6) a spätnou eróziou spôsobili skľukatenie hlavného chrbta, ktorého najvyšším bodom je Minčol (1 157 m n. m.). Najnižším bodom hlavného chrbta je sedlo Priehyba (822 m n. m.), ktoré je



Obr. 2.1.2. Pohľad na hlavný hrebeň pohoria Čergov v úseku Dvoriská (1 057 m n. m.) – Solisko (1 057 m n. m.), v pozadí silueta Vysokých Tatier (foto: Pohľad na čergovský hrebeň, [www.cergov.sk](http://www.cergov.sk)).



Obr. 2.1.3. Pohľad na svahy pohoria Čergov od Hervartova. Obec Hervartov sa nachádza na hranici medzi Čergovom a Raslavickou brázdou (foto: Pohľad na Hervartov, [www.cergov.sk](http://www.cergov.sk)).



Obr. 2.1.4. Pohľad na svahy pohoria Čergov od Pečovskej Novej Vsi. Hranica pohoria Čergov a Šarišského podolia (foto: Cesta do Lutiny, [www.cergov.sk](http://www.cergov.sk)).



Obr. 2.1.5. Hlboko zasahujúce údolie potoka Slatvinec s dĺžkou 15,4 km (foto: Výhľad na obec Kríže, [www.cergov.sk](http://www.cergov.sk)).



Obr. 2.1.6. Pieskovce magurského súvrstvia krynickej jednotky vystupujúce v údolí Tople medzi Lukovom a Livovom (foto: D. Marcin, 2004).



Obr. 2.1.7. Bradlá vápencov vytvárajú výraznú siluetu v juhozápadnej časti pohoria Čergov (foto: Pohľad na Kamenický hrad od Hanigoviec, [www.cergov.sk](http://www.cergov.sk)).

nápadne znížené silne erodujúcimi zdrojnicami Ľutinky a Tople. Vedľa hlavného chrbta sa nachádza na severnej strane vedľajší chrbát, ktorý sa začína hlbokým sedlom na východ od Čergova (1 050 m n. m.) a pokračuje severným smerom až do doliny Tople pri Bardejove. Hlavný chrbát aj chrbty rázsoch sú spestrené početnými sedlami, z ktorých mnohé majú svoj pôvod v intenzívnej mrazovej činnosti. Krátke bočné doliny pod chrbtami, ktoré ústia do hlbokých erozívnych dolín, majú vysunutý charakter. Väčšie doliny sa silne zatláčajú do hlavného chrbta, takže sa vytvárajú klenuté amfiteátrové úseky, medzi ktorými sa vytvorili konvexné výčnelky. Tieto doliny prechádzajú do hlbokých erozívnych zárezov so svahmi sklonenými až 40°. Suché, hlboko zarezané doliny majú charakter múrových rýh.

Priľahlú Raslavickú brázdú v prevažnej miere budujú pelitické horniny, na ktorých sa vytvára mätko modelovaný reliéf. Niekdajšie dno tejto brázdzy je rozčlenené úvalinovými a erozívnymi dolinami súčasných tokov na mierne zvlnené rázsochy, ktoré predstavujú zvyšky predkvartérneho zarovnávania.

Podobne mierne modelovaná je aj Ľubotínska pahorkatina a Šarišské podolie. Ich malebné formy podmieňujú slabo odolné ílovcové súvrstvia malcovských vrstiev, bradlového obalu a centrálnokarpatského flyšu. V predpolí Čergova z tohto hladko modelovaného reliéfu nápadne vystupuje morfológicky výrazný pruh bradlových tvrdošov (obr. 2.1.7 a 2.1.8). Najvýraznejší a najviac vybiehajúci do predpolia je Kamenický vrch (725 m n. m.).

### **Pôdne pomery**

V študovanej oblasti sú z pôdnych typov zastúpené výlučne hnedozeme. V údoliach a menšej nadmorskej výške prevládajú hnedé pôdy nenasýtené (kyslé), lokálne rankery a hnedé pôdy nenasýtené (okyslené) na stredne ťažkých až ľahších zvetraninách rôznych hornín. V strednej časti študovanej oblasti, hlavne vo väčšej nadmorskej výške, prevládajú hnedé pôdy nenasýtené (kyslé) až hnedé pôdy podzolované, sprievodné rankery, lokálne podzoly železité, na ľahších zvetraninách kyslých hornín.

### **Vegetácia**

Územie patrí do oblasti západokarpatskej flóry a vystupuje ako samostatný fytogeografický podokres Čergov. Má charakter rozsiahleho lesného komplexu sprevádzaného vrcholovými a svahovými horskými lúkami. Predstavuje významný terestrický biokoridor umožňujúci migráciu západokarpatských druhov a zároveň je územím, kde doznievajú mnohé východokarpatské druhy rastlín. Charakteristickým druhom Čergova sú vrcholové a svahové lúky rozprestierajúce sa od nadmorskej výšky 1 000 m takmer po celej dĺžke hlavného hrebeňa. Z lesných spoločenstiev na území oblasti dominujú jedľové bučiny.



Obr. 2.1.8. Bradlo krinoidových vápencov Sokolia skala (658 m n. m.) nad Kamenicou (foto: Sokolia skala, [www.cergov.sk](http://www.cergov.sk)).



## 2.2. KLIMATICKÉ POMERY

Charakteristickým znakom stredných zemepisných širok je intenzívna cyklonálna činnosť, ktorá spôsobuje neustále zmeny počasia. Na študovanom území sú klimatické pomery ovplyvnené nielen cyklonálnou činnosťou, ale aj miestnymi orografickými činiteľmi, ako sú nadmorská výška, expozícia a tvar terénu.

Podľa *Atlasu SSR* (1982) patrí centrálna časť Čergova s nadmorskou výškou zväčša viac ako 700 m do chladnej oblasti, mierne chladného okrsku s priemernou teplotou v júli 12 až 16 °C.

Mierne teplá oblasť prevláda v okrajových častiach Čergova, pričom mierne teplý okrskok, mierne vlhký, vrchovinný, s indexom zavlaženia (podľa Končeka)  $I_z = 0 - 60$  zaberá východnú, juhovýchodnú a severovýchodnú časť územia s nadmorskou výškou viac ako 500 m. Mierne teplý okrskok, vlhký, vrchovinný, s indexom zavlaženia  $I_z = 60 - 120$  zasahuje do severnej a južnej časti Čergova s nadmorskou výškou viac ako 500 m. Mierne teplý okrskok, vlhký, s chladnou alebo studenou zimou, dolinový, s priemernou teplotou v januári menej ako  $-3$  °C zasahuje do západnej časti Čergova s nadmorskou výškou viac ako 500 m. Mierne teplý okrskok, vlhký, s chladnou alebo studenou zimou, dolinový, s priemernou teplotou v januári menej ako  $-3$  °C zasahuje do západnej časti Čergova.

Teplá oblasť, teplý okrskok, mierne vlhký, s chladnou zimou, indexom zavlaženia  $I_z = 0 - 60$  a priemernou teplotou v januári  $-3$  až  $-5$  °C zaberá najvýchodnejšiu časť oblasti (Raslavická brázda).

V zmysle členenia na klimaticko-geografické typy (Tarábek in *Atlas SSR*, 1982) hodnotené územie spadá do typu horskej klímy, pričom prevažná časť územia patrí do chladného subtypu, len v severozápadnej časti pohoria prevláda mierne chladný subtyp. Južný a juhozápadný okraj pohoria patrí do typu kotlinovej klímy, mierne chladného subtypu.

Najvýstižnejšie možno klimatické pomery a ich zmenu v priebehu roka charakterizovať podľa zrážkových a teplotných pomerov, ktoré sú najdôležitejšími činiteľmi určujúcimi ráz klímy kraja.

Podľa *Atlasu SSR* najmenší ročný úhrn zrážok sa vyskytuje na severovýchodnom a juhozápadnom okraji pohoria, kde sa pohybuje od 600 do 700 mm. So stúpajúcou nadmorskou výškou úhrn zrážok stúpa a v centrálnej časti pohoria dosahuje hodnoty vyššie ako 800 mm. Ako vidieť z tabuľky 2.2.1, v časovom rozložení najviac zrážok sa vyskytuje v mesiacoch jún – júl, najmenej v mesiacoch január – marec, keď napadajú prevažne vo forme snehu.

Podľa *Atlasu SSR* (1982) priemerný čas trvania (1951 – 1980) snehovej pokrývky v južnej a východnej časti oblasti je 100 – 120 dní. Smerom do centrálnej a severnej časti územia sa čas trvania predlžuje až na viac ako 160 dní. Priemerná maximálna výška snehovej pokrývky v okrajových častiach pohoria sa pohybuje v rozmedzí 25 – 50 cm. V centrálnej a severnej časti dosahuje hodnoty 50 – 75 cm.

Tab. 2.2.1. Priemerné mesačné úhrny a úhrny letného polroka (LP) zrážok (mm) (1951 – 1980).

Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV – IX
Bardejov	44	39	37	47	78	99	106	85	61	55	55	55	760	475
Lipany	32	30	28	45	65	91	88	75	43	39	40	35	611	407
Osikov	34	32	30	44	65	88	102	75	48	44	44	40	648	523
Plaveč	31	26	31	48	70	105	101	84	53	44	41	35	670	461
Prešov – Šarišské Lúky	26	26	27	44	66	88	90	75	49	40	41	31	603	412
Sabinov	26	22	25	41	67	93	92	76	47	40	40	31	599	416

Teplotné pomery Čergova možno charakterizovať priemernými hodnotami nameranými v Bardejove, Plavci, Prešove – Šarišských Lúkach a Sabinove. Priemerné mesačné hodnoty teploty vzduchu z uvedených klimatických staníc sú v tabuľke 2.2.2. Z tabuľky vidieť, že najchladnejším mesiacom je január s priemernou mesačnou teplotou  $-3,7$ , resp.  $-5,0$  °C a najteplejším mesiacom je júl s teplotou vzduchu okolo 18 °C. Priemerná ročná teplota je 6,6 °C v Plavci a 8,2 °C v Prešove – Šarišských Lúkach.

Výpar z povrchu pôdy a rastlín (evapotranspirácia) môžeme charakterizovať podľa priemerných mesačných hodnôt a ročného úhrnu potenciálnej evapotranspirácie a evapotranspirácie (tab. 2.2.3 a 2.2.4). Podľa týchto údajov najvyššie hodnoty potenciálnej evapotranspirácie sa dosahujú v mesiaci júl a evapotranspirácie v mesiaci jún. Podľa *Atlasu SSR* (1982) sa hodnota ročného úhrnu evapotranspirácie v prevažnej časti územia pohybuje od 450 do 500 mm. Len v južnej a východnej okrajovej oblasti sa jeho hodnota zvyšuje na viac ako 500 mm.

Vplyv miestnej orografie sa silne prejavuje v orientácii a sile vetra. Prevládajúce severozápadné prúdenie vzduchu sa v dolinách prispôsobuje smeru údolia. Druhý najčastejší smer vetra je opačný – juhovýchodný. V zime často smer vetra s juhovýchodnou zložkou prevažuje a v lete naopak, čo zodpovedá rozdeleniu tlaku vzduchu medzi pevninou a oceánom.

Tab. 2.2.2. Priemerná mesačná teplota vzduchu (°C) za vegetačné obdobie (1951 – 1980).

Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV – IX
Bardejov	-4,2	-2,3	1,9	8,0	12,8	16,5	17,9	17,1	13,1	8,0	3,0	-1,7	7,5	14,2
Plaveč	-5,0	-3,0	-1,2	7,0	11,8	15,4	16,6	15,9	12,2	7,5	2,5	-2,5	6,6	13,2
Prešov – Šarišské Lúky	-3,7	-1,5	2,7	8,7	13,6	17,3	18,6	17,8	13,8	8,6	3,5	-1,3	8,2	15,0
Sabinov	-4,1	-1,9	2,3	8,3	13,2	16,7	17,9	17,2	13,2	7,9	3,0	-1,6	7,7	14,4

Tab. 2.2.3. Priemerné mesačné a ročné úhrny potenciálnej evapotranspirácie (mm) (1951 – 1980).

Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV – IX	XI – IV	V – X
Bardejov	1	2	28	58	84	103	110	91	58	28	10	1	574	504	100	474
Plaveč	0	2	24	53	78	96	99	83	54	28	8	0	525	463	87	438
Prešov	1	6	30	61	84	105	113	94	63	31	10	0	598	520	108	490
Sabinov	1	4	30	61	89	105	110	93	59	30	10	2	594	516	108	486

Tab. 2.2.4. Priemerné mesačné a ročné úhrny evapotranspirácie (mm) (1951 – 1980).

Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV – IX	XI – IV	V – X
Bardejov	1	2	20	46	73	92	90	71	44	22	7	1	469	416	77	392
Plaveč	0	2	20	45	74	95	94	76	49	25	7	0	487	433	74	413
Prešov	1	6	21	46	69	90	88	69	46	23	7	0	466	408	81	385
Sabinov	1	4	22	47	73	89	88	71	44	23	7	2	471	412	83	386

Pri hodnotení vzťahu povrchovej a podzemnej vody sme jednotlivé hydrologické roky charakterizovali z pohľadu odchýlok ročného úhrnu zrážok v období 1973 – 1980 a 2001 – 2005 od normálu (tab. 2.2.5). Táto charakterizácia umožňuje porovnávať prírastky a úbytky prietoku na meraných tokoch realizovaných v rôznych klimatických podmienkach.

Tab. 2.2.5. Odchýlka ročného úhrnu zrážok v období 1973 – 1980 a 2001 – 2005 od normálu.

Zrážkomerná stanica	Dlhodobý priemerný úhrn zrážok 1951 – 1980 [mm]	Hydrologický rok	Ročný úhrn [mm]	% normálu	Charakteristika
Bardejov	760	1973	651	86	suchý
		1974	1 164	153	mimoriadne vlhký
		1975	875	115	vlhký
		1976	776	102	normálny
		1977	823	108	normálny
		1978	963	127	veľmi vlhký
		1979	715	94	normálny
		1980	886	117	vlhký
		2001	768	101	normálny
		2002	627	83	suchý
		2003	501	66	veľmi suchý
		2004	701	92	normálny
2005	803	106	normálny		
Lipany	611	1973	613	100	normálny
		1974	797	130	veľmi vlhký
		1975	692	113	vlhký
		1976	671	110	normálny
		1977	640	105	normálny
		1978	693	113	vlhký
		1979	665	109	normálny
		1980	796	130	veľmi vlhký
		2001	764	125	veľmi vlhký
		2002	686	112	vlhký
		2003	507	83	suchý
		2004	700	115	vlhký
2005	839	137	veľmi vlhký		
Osíkov	648	1973	571	88	suchý
		1974	725	112	vlhký
		1975	663	102	normálny
		1976	576	89	suchý
		1977	739	114	vlhký
		1978	571	88	suchý
		1979	571	88	suchý
		1980	658	102	normálny
		2001	796	123	veľmi vlhký
		2002	600	93	normálny
		2003	510	79	veľmi suchý
		2004	675	104	normálny
2005	815	126	veľmi vlhký		
Plaveč	670	1973	582	87	suchý
		1974	803	120	vlhký
		1975	692	103	normálny
		1976	523	78	veľmi suchý
		1977	711	106	normálny
		1978	659	98	normálny
		1979	672	100	normálny
		1980	805	120	vlhký
		2001	880	131	veľmi vlhký
		2002	902	135	veľmi vlhký
		2003	518	77	veľmi suchý
		2004	689	103	normálny
2005	870	130	veľmi vlhký		

Tab. 2.2.5 – pokračovanie.

Zrážkomerná stanica	Dlhodobý priemerný úhrn zrážok 1951 – 1980 [mm]	Hydrologický rok	Ročný úhrn [mm]	% normálu	Charakteristika
Prešov – Šarišské Lúky	603	1973	514	85	suchý
		1974	738	122	veľmi vlhký
		1975	621	103	normálny
		1976	545	90	normálny
		1977	678	112	vlhký
		1978	622	103	normálny
		1979	562	93	normálny
		1980	717	119	vlhký
		2001	631	105	normálny
		2002	598	99	normálny
		2003	542	90	normálny
		2004	832	138	veľmi vlhký
		2005	838	139	veľmi vlhký
Sabinov	599	1973	566	94	normálny
		1974	729	122	veľmi vlhký
		1975	738	123	veľmi vlhký
		1976	551	92	normálny
		1977	610	102	normálny
		1978	549	92	normálny
		1979	553	92	normálny
		1980	706	118	vlhký
		2001	765	128	veľmi vlhký
		2002	577	96	normálny
		2003	535	89	suchý
		2004	744	124	veľmi vlhký
		2005	821	137	veľmi vlhký

### 2.3. HYDROLOGICKÉ POMERY

Skúmané územie sa odvodňuje do troch hlavných povodí. Severozápadná časť, ktorá patrí do povodia Popradu (3-01-03), má rozlohu 68,1 km<sup>2</sup> a odvodňujú ju pravostranné prítoky Popradu, hlavne potoky Soliská a Lubotinka. Severovýchodná časť skúmaného územia, ktorá patrí do povodia Bodrogu, čiastkového povodia Tople (4-30-00), má rozlohu 206,2 km<sup>2</sup> a okrem samotnej Tople ju odvodňujú jej ďalšie väčšie prítoky ako Večný potok, Slatvinec a Šibská voda. Juhovýchodná a juhozápadná časť skúmaného územia patrí do povodia Hornádu, čiastkového povodia Torusy (4-32-04).

Juhovýchodnú časť s rozlohou 125,8 km<sup>2</sup> odvodňuje riečka Sekčov a jej hlavný prítok Ternianka, juhozápadnú časť s rozlohou 105,4 km<sup>2</sup> odvodňujú početné ľavostranné prítoky Torusy, z ktorých najvýznamnejší je Lutinka. V našom území je režimovo sledovaný len profil (riečny km 5,1) na potoku Lutinka (tab. 2.3.1 a 2.3.2), ktorý má v monitorovacej sieti SHMÚ od roku 1991.

Tab. 2.3.1. Priemerný mesačný prietok na toku Lutinka na profile v obci Lutina.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
0,224	0,342	0,835	1,068	0,495	1,313	2,311	0,486	0,374	0,098	0,098	0,081	0,645

Tab. 2.3.2. Extrémny prietok na toku Lutinka na profile v obci Lutina.

Stanica	Tok	Plocha povodia [km <sup>2</sup> ]	Priemerný prietok 2004 [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]	Maximálny prietok 2004 [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]	Minimálny prietok 2004 [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]	Maximálny prietok 1991 – 2000 [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]	Minimálny prietok 1991 – 2000 [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]
Lutina	Lutinka	49,20	0,575	21,18	0,07	9,545	0,016

Tab. 2.3.3. Hydrologické údaje vybraných tokov prameniach v pohorí Čergov za obdobie 1931 – 1960 (Bajo et al., 1984).

Tok	Miesto	Plocha povodia [km <sup>2</sup> ]	Prietok [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]	Priemerný ročný merný odtok [l · s <sup>-1</sup> · km <sup>-2</sup> ]	Priemerné prekročenie prietoku počas dní v roku [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]					
					30	90	180	270	255	364
Hradlová	Ústie	66,82	0,47	7,33	1,02	0,56	0,33	0,22	0,13	0,10
Topľa	Nad Večným potokom	65,60	0,53	8,08	1,22	0,58	0,30	0,18	0,08	0,05
Večný potok	Ústie	42,41	0,34	8,02	0,79	0,37	0,19	0,12	0,05	0,03
Slatvinec	Ústie	40,22	0,34	8,45	0,79	0,37	0,19	0,12	0,05	0,03
Šibská voda	Ústie	84,26	0,65	7,71	1,50	0,71	0,37	0,23	0,11	0,06
Lutinka	Ústie	63,49	0,48	7,56	1,09	0,51	0,29	0,17	0,08	0,06
Čierny potok	Ústie	18,53	0,11	5,94	0,25	0,12	0,07	0,04	0,02	0,01
Veľký potok	Ústie	21,06	0,12	5,70	0,27	0,13	0,07	0,04	0,02	0,01
Sekčov	Ústie nad Hrabovcom	60,37	0,42	6,96	0,95	0,45	0,26	0,15	0,07	0,05
Ternianka	Ústie	53,64	0,32	5,97	0,73	0,34	0,20	0,12	0,05	0,04

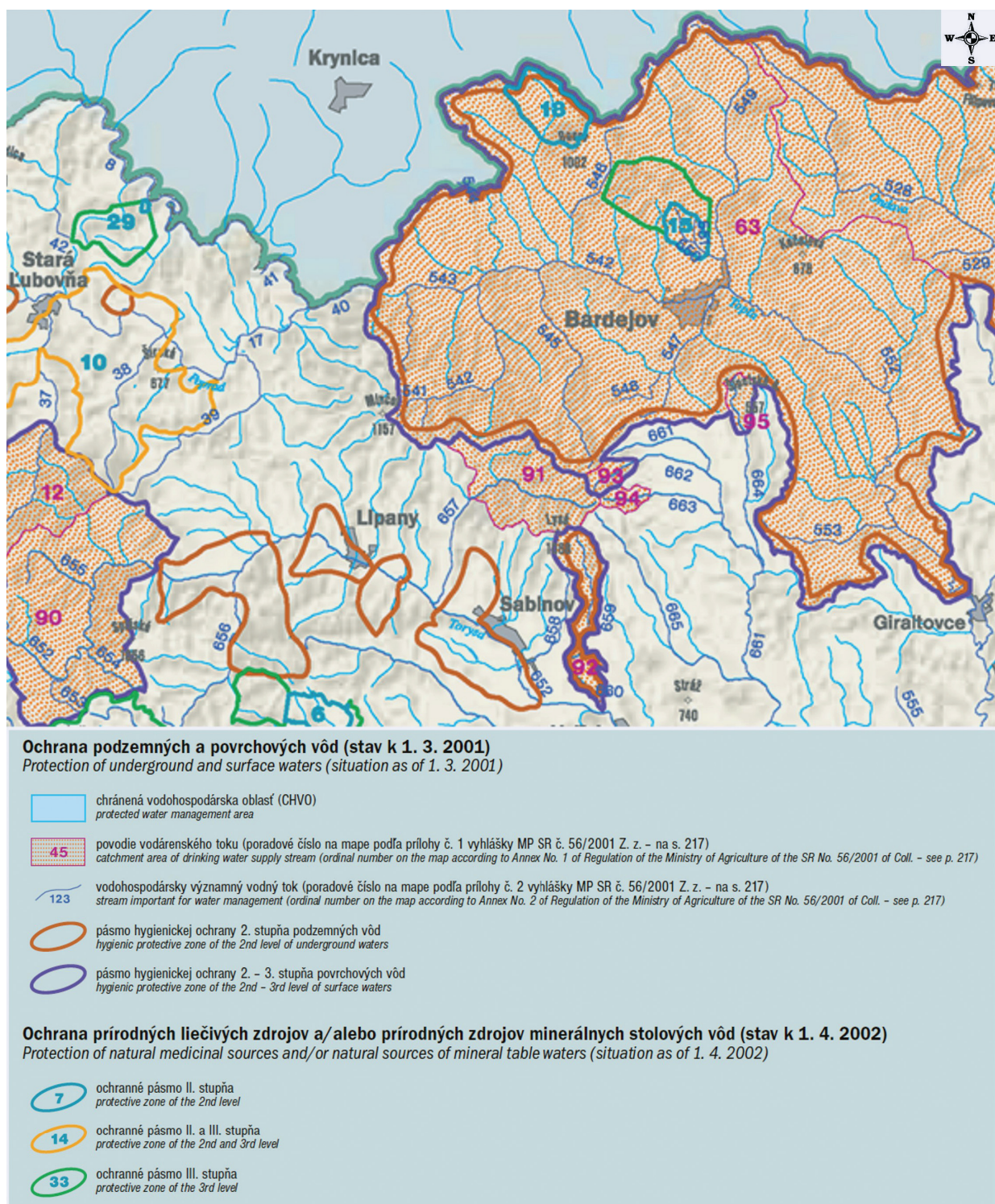
Riečna sieť Sekčova a Torysy v skúmanom území má vejárovitý charakter s výraznou pravostrannou, resp. ľavostrannou orientáciou väčšiny prítokov. Je to dané rozrezaním vyzdvihnutej kryhy flyšových hornín, hlavne po priečných zlomoch. Riečna sieť Popradu a Tople má široko vejárovitý charakter, pričom smer tokov okrem priečnej tektoniky sleduje viac priebeh pásiem odolných a menej odolných hornín pozdĺž osí synklinál a antiklinál. Podľa režimu odtoku môžeme v študovanej oblasti vyčleniť dva typy (*Atlas SSR*). Vo vrcholových častiach pohoria je snehovo-dažďový typ režimu odtoku. Pri tomto type režimu odtoku najvyššia vodnosť pripadá na obdobie III – V, akumulácia v období XI – III. Ostatná časť územia patrí k dažďovo-snehovému typu odtoku v mesiacoch III – IV. V tabuľke 2.3.3 sú uvedené niektoré hydrologické údaje za obdobie 1931 – 1960 a sú len odvodené.

## 2.4. ČINNOSŤ ČLOVEKA, VÝZNAMNE OVPLYVŇUJÚCA HYDROGEOLOGICKÉ A HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY ÚZEMIA

Skúmaná oblasť má horský charakter a v súčasnosti nedochádza k podstatnejším zásahom, ktoré by mohli ovplyvniť množstvo podzemnej vody. Charakter regiónu Čergova do určitej miery poznačil holo-rubný spôsob ťažby prestarnutých bukových porastov, čo sa prejavilo zväčšením vodnej erózie. Nárast vodnej erózie spôsobil porušenie a odnos pôdneho pokryvu a tým aj rýchlejšie zanášanie vodných tokov. Odlesnené plochy a lesné cesty postihla plošná a výmoľová erózia. Negatívny vplyv vodnej erózie za posledné desiatky rokov už nie je taký badateľný, pretože prirodzeným, ako aj umelým zalesňovaním sa ho darí spomaliť. Odlesnenie veľkých plôch lesa nesie riziko najmä zrýchleného odtoku povrchovej a sčasti aj podzemnej vody. Zrýchlenie odtoku z odlesnených povodí priamo vplýva na nárast povodňových stavov na vodných tokoch hlavne pri krátkodobých, ale intenzívnych zrážkach.

Aktuálnejšia je otázka zachovania kvality podzemnej vody. Územie pohoria Čergov patrí medzi pomerne málo znečistené oblasti SR (obr. 2.4.1). Najväčšiu, centrálnu časť územia zaberajú listnaté a zmiešané lesy spolu s krovinatými porastmi a prirodzenými lúkami (obr. 2.4.2). Ihličnaté lesy sú zastúpené menej, a to najmä v jz. časti pohoria. Na zalesnenom území sa tu nachádza niekoľko maloplošných chránených území a prírodných rezervácií (tab. 2.4.1 a obr. 2.4.3).

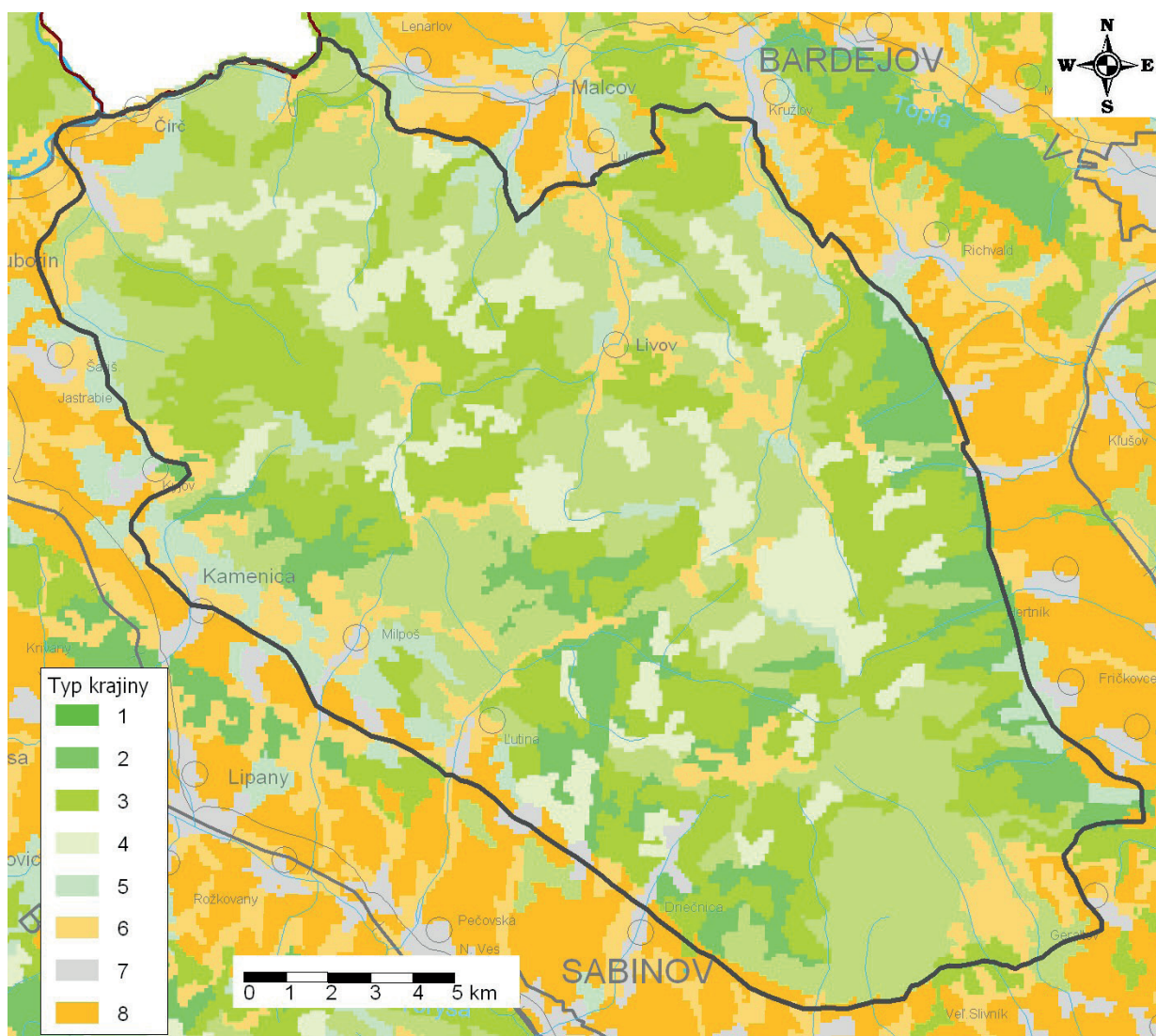
Osídlenie v podobe menších obcí sa sústreďuje do okrajových častí pohoria do údolí menších riek a povrchových tokov (Čirč, Milpoš, Lutina, Drienica, Jakubovany, Osikov, Hertník, Kružlov, Lukov, Malcov a i.). V ich okolí a takmer po celom obvode podhoria je najväčšia rozloha poľnohospodársky



Obr. 2.4.1. Ochrana podzemnej a povrchovej vody v oblasti Čergova (Kollár et al. in Miklós et al., 2002).

využívanej a ornej pôdy spolu s podhorskými lúkami a pasienkami. Hlbšie v centrálnej časti pohoria sa nachádzajú len malé sídla s charakterom osád (Olejnikov, Majdan, Livov, Livovská Huta). Najvýznamnejším turistickým, a predovšetkým zimným rekreačným strediskom je Baranie s. od obce Drienica pod Čergovom (1 049 m n. m.).

Najvýznamnejším zdrojom znečisťovania v území je poľnohospodárska výroba. Spolu s komunálnym znečistením v okolí obcí sa znečistenie tohto charakteru (dusitany, dusičnany, chloridy, amónne ióny) sústreďuje predovšetkým v podzemnej vode alúvií nižších častí povrchových tokov. Významnejšie bodové zdroje znečisťovania predstavuje rozptýlená fekálna a bakteriálna kontaminácia podmienená pasením dobytky a oviec.

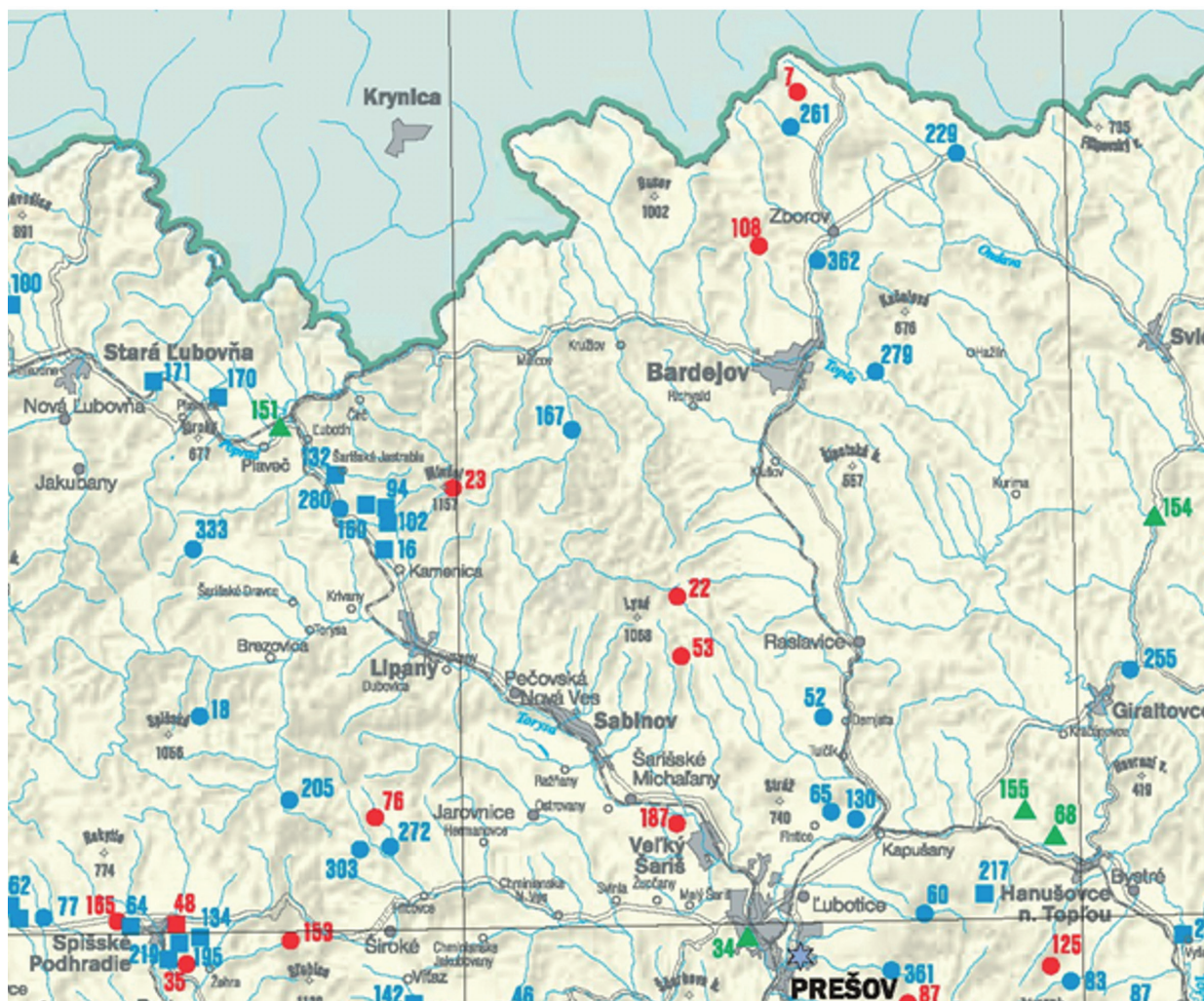


Obr. 2.4.2. Využívanie krajiny v skúmanom území (zostavené na základe databázy CLC 2000, © EEA, 2005; Feranec a Oľahel, 2003).

Vysvetlivky: 1 – listnaté lesy; 2 – ihličnaté lesy; 3 – zmiešané lesy; 4 – kroviny a/alebo prirodzené lúky; 5 – lúky a pasienky; 6 – heterogénne poľnohospodárske areály; 7 – areály sídelnej vegetácie, športu a rekreácie; 8 – orná pôda.

Tab. 2.4.1. Zoznam chránených území v oblasti Čergova (Kramárík in *Atlas krajiny SR*, 2002).

Číslo na mape	Názov chráneného územia	Okres
● <i>Národná prírodná rezervácia</i>		
22	Čergovská javorina	Prešov
23	Čergovský Minčol	Bardejov, Sabinov, Stará Ľubovňa
53	Hradová hora	Sabinov
● <i>Prírodná rezervácia</i>		
167	Livovská jelšina	Bardejov
■ <i>Prírodná pamiatka</i>		
94	Kyjovské bradielko	Stará Ľubovňa



**Chránené územia podľa zákona NR SR  
č. 287/1994 Z. z. o ochrane prírody a krajiny**  
*Protected areas according to the Act of the National Council  
of the Slovak Republic No. 287/1994 of Coll. on nature and landscape protection*

- národná prírodná pamiatka (5. stupeň ochrany)  
*national natural monument (the 5th level of protection)*
- prírodná pamiatka (5. stupeň ochrany)  
*natural monument (the 5th level of protection)*
- národná prírodná rezervácia (5. stupeň ochrany)  
*national nature reserve (the 5th level of protection)*
- prírodná rezervácia (5. stupeň ochrany)  
*nature reserve (the 5th level of protection)*
- ▲ chránený areál (4. stupeň ochrany)  
*protected site (the 4th level of protection)*

Obr. 2.4.3. Územná ochrana prírody a krajiny v oblasti Čergova (Kramárik in *Atlas krajiny SR*, 2002).



## 2.5. GEOLOGICKÉ POMERY

Účelová geologická mapa Čergova v mierke 1 : 50 000 bola zostavená ako podklad naložených špecializovaných máp. Pri zostavovaní geologickej mapy krynickej jednotky sa vychádzalo z podkladov geologickej mapy 1 : 50 000 Stránika (1963, 1965). Bradlové pásmo je spracované podľa geologickej mapy 1 : 50 000 Nemčoka (1990) a Stránika (1963, 1965).

### 2.5.1. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia

Uhlig (1888) opísal v okolí Malcova súvrstvie odlišné od magurských pieskovcov obsahujúce menilitové vrstvy a Šwidziński (1961) už vyčlenil malcovské vrstvy. V rokoch 1956 – 1960 prebiehal v oblasti Čergova geologický prieskum (Stránik a Roth, 1959, 1960). Jeho výsledky boli zhrnuté v prácach Stránika (1963, 1965) a na mapách 1 : 200 000, listy Zborov – Košice a Vysoké Tatry (Matějka et al., 1964). Krynická jednotka tu bola rozčlenená na pieskovcovo-ílovcové, pieskovcové, pestré, menilitové a malcovské vrstvy. Nemčok (1990) zostavením geologickej mapy v mierke 1 : 50 000 a Nemčok et al. (1990) textovými vysvetlivkami k nej sa nie veľmi úspešne pokúsili o reambuláciu mapy 1 : 200 000, ako aj nepublikovanej mapy 1 : 50 000 Stránika (1963, 1965). Napríklad vyklinili pruh bradlového pásma v úseku Drienica – Babin Potok, na mape vynechali viacero detailov (napr. litofaciálne členy malcovského súvrstvia), bradlové pásmo nerozdelili na sekvencie, vyčlenené strihovské vrstvy pripojili k malcovskému súvrstviu.

Pesl (1968) v oblasti Čergova vyčlenil *čerchovskú litofaciálnu zónu* (krynicko-čerchovsko-udavskú), typickú prevažne pieskovcovým čerchovským súvrstviem s vložkami pestrých ílovcov, a *malcovskú litofaciálnu zónu* viazanú na menilitové a malcovské vrstvy. K poznaniu geologickej stavby východného Slovenska výrazne prispeli aj Leško a Samuel (1968).

Petrografický výskum hornín tejto oblasti sa orientoval najmä na zlepenca (Nemčok et al., 1968; Marschalko, 1975). Analýzu klastov zlepenčov strihovských vrstiev spracovali Mišík, Sýkora a Jablonský (1991). Skúmali sa paleoprúdové stopy (Koráb et al., 1962).

V bradlovom pásme pracovalo veľké množstvo geológov. Starší bádatelia sa zamierovali hlavne na štúdium jursko-spodnokriedových bradiel (Andrusov, 1945), neskôr sa pozornosť sústredila hlavne na ich stredno- až vrchnokriedový obal. V tomto ohľade sú významné práce Marschalka a Kyselú (1980), Marschalka (1986) a i.

### 2.5.2. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek

Študovanú oblasť tvoria paleogénne sedimenty krynickej jednotky magurskej skupiny príkrovov. Najstaršie sedimenty magurského bazéna (vznik bazéna) pochádzajú z obdobia aptu – albu. Krynická jednotka tvorila južný okraj magurského bazéna, kde prebiehala sedimentácia flyšového charakteru. Sedimenty sú zastúpené klastickými sedimentmi gravitačných tokov prinášajúcich klastický materiál prevažne z JV z južného okraja bazéna. Najstaršími sedimentmi na našom území sú distálne až hemipelagické sedimenty belovežského súvrstvia zo staršieho eocénu. V závere staršieho eocénu nastupuje klastická sedimentácia mohutných čergovských vrstiev. Tvorili mohutný južný lem magurského bazéna. Skladali sa z viacerých, z juhu ústiacich hlbokomorských náplavových vejárov. Telesá zlepenčov a sklzov pozdĺž južného okraja čergovskej jednotky sú sedimentmi vyústenia podmorských kaňonov. Transport materiálu prebiehal podľa smerov prúdových stôp pozdĺž bazéna (JV – SZ), len zriedka kolmo na okraj bazéna (J – S až JZ – SV) (Koráb et al., 1962). Len miestami je klastická sedimentácia prerušená vložkami distálnych, tenko vrstvených polôh a pestrých ílovcov.

Najmladším členom je malcovské súvrstvie, ktorého sedimentácia faciálne zblížila magurskú jednotku so sedimentačnými bazénmi sliezskej a duklianskej jednotky a centrálnokarpatského paleogénu. Prúdové stopy poukazujú na transport materiálu kolmo na okraj bazéna (J – S). V období mladšieho oligocénu až bádenu boli sedimenty magurského bazéna v čele orogénu vyvrásnené do severovergentného akrečného klina.

#### **Bradlové pásmo**

Bradlové pásmo tvorí na hodnotenom území jeho jz. okraj. Vyznačuje sa veľkým množstvom jurských sledov bradiel (čorštynský, kysucký a prechodné sledy) s jednotnejším stredno- a vrchnokriedovým

obalom. Keďže sú bradlá menšie, s vrstvovým sledom zachovaným len útržkovito (neúplným), nebola na tomto území stanovená príslušnosť bradiel k prislúchajúcim definovaným sledom. Nachádzajú sa tu tak plytkovodné, ako aj hlbokovodné vývoje jury a v nej zastúpené krinoidové vápence (*bajok – bat*), čorštynské vápence [*kelovej – kimeridž (titón)*], rádiolarity a rádioláriové vápence (*kelovej – oxford*), rogožnické vrstvy (*titón – berias*), pieninské vápence (*titón až barém*), pestré slieňovce (púchovské sliene, gbelianske vrstvy) (*mladší alb až starší mástricht*), gregoriánske brekcie [*cenoman – paleocén(?)*] a pročsko-jarmutské súvrstvie [*mástricht až paleocén (stredný eocén)*], v rámci ktorého boli vyčlenené zlepenca a pestré vrstvy.

Pri zostavovaní litostratigrafických opisov litostratigrafických členov vychádzame zo zdrojov: Nemček et al. (1990), Biely et al. (1996), Haško a Polák (1979).

Kvôli čitateľnosti mapy a pre nemožnosť kartografického znázornenia členov malej hrúbky a z hľadiska podobnosti hydrogeologických vlastností sú v bradlovom pásme zlučiteľné niektoré horninovo príbuzné litostratigrafické členy:

1. krinoidové, rogožnické a pieninské vápence a gregoriánske brekcie,
2. čorštynské vápence a rádiolarity a rádioláriové vápence.

### **Krinoidové vápence (*bajok – bat*)**

(malé i väčšie bradlá – Kyjov, Kamenica, Milpoš)

Vápence sú masívne, len zriedka nevýrazne lavicovité. Majú bielu a sivozelenú alebo ružovočervenú farbu. Sú jemno- až strednozrné. Mikrofaciálne ide o biosparit. Základnou zložkou sú články krinoidov, menej sa vyskytuje klastický zaoblený kremeň, úlomky húb, hematit a limonit, ktoré hornine dodávajú červenú farbu. Biele krinoidové vápence vystupujú v nižšej stratigrafickej pozícii pod červenými krinoidovými vápencami, v ktorých nadloží ležia červené hľuznaté (čorštynské) vápence. Ich vek je *bajok – bat* a hrúbka je asi 100 m.

### **Čorštynské súvrstvie [*kelovej – kimeridž (titón)*]**

(polohy v bradlách – Kyjov, Kamenica)

Čorštynské vápence sú hľuznaté, tmavočervené až ružovkasté, jemnozrné a lavicovité. Ak prevláda červený, hematitom sfarbený vápnito-ílovitý tmel, sú rozpadavé, tenkolavicovité až bridličnaté. Hľuzy vápencov sú obklopené tmavočervenými bridlicami. Postupne smerom do nadložia sa vápence stávajú celistvejšími, lavicovitými, svetlejšej ružovej farby, s rostrami belemnitov a aptychmi. Ide o biomikritové sakokómové vápence. Okrem hojných sakokóm obsahujú aj globochéty, rádiolárie, aptychy, úlomky krinoidov a rekryštalizované úlomky schránok lamelibranchiát. Hojne sa vyskytujú z hľúz pekne vyvetrávajúce jadrá amonitov. Tmavšie sfarbenie je spôsobené nahromadením mangánu. Vek čorštynských vápencov je *kelovej – kimeridž (titón)*. Ich hrúbka je asi do 30 m.

### **Rádiolarity a rádioláriové vápence (*kelovej – oxford*)**

(malé i väčšie bradlá – Kyjov, Kamenica, Milpoš, Lutina)

Rádiolarity a rádioláriové vápence sú zelenosivé, zelenohnedé, hnedosivé a červenkasté. Sú lavicovité až doskovité, veľmi tvrdé. Rytmicky sa strieda prínos vápnitej a kremitej hmoty. Medzi jednotlivými vrstvami rádiolaritov sú tenšie zbridličnatené ílovce zelenej alebo červenej farby. Kremitú hmotu tvorí chalcedón. Časté sú povlaky hematitu a mangánu. Mikrofaciálne ide o biomikrity tvorené schránkami rádiolárií, ktoré sú väčšinou dobre viditeľné za pomoci lupy. Hoci sú rádiolarity veľmi pevné a odolné proti zvetrávaniu, sú silno tektonicky porušené a krehké. Vek súvrstvia je *kelovej – oxford* a jeho hrúbka je do 20 m.

### **Rogožnické vrstvy (*titón – berias*)**

(malé bradlá – Kamenica, Milpoš, Lutina, Červená Voda)

Charakteristickým znakom rogožnických vrstiev je ich litofaciálna pestrosť. Obsahujú početné skameniny. Zahŕňajú množstvo litotypov vápencov vrchnojurských až spodnokriedových variet, napr.

ružové a biele lumachely (brekcie) s množstvom brachiopódov, krinoidov, aptychov, amonitov a iných skamenenín s bohatým druhotným vápencovým tmelom (rogožnická lumachela). Okrem toho sú to krinoidové vápence (spišský vápenec), úlomky bielych kalpionelových vápencov v hrubopiesčitom sivom až žltkastom tmele a mnohé ďalšie litofaciálne variety (durštynské, lysanské a paločské vápence). Ich hrúbka je asi 150 m a vek *titón (berias)*.

### **Pieninské vápence** (*titón až barém*)

(hojne malé i väčšie bradlá – Kyjov, Kamenica, Milpoš, Lutina)

Pieninské vápence sú v nižších častiach masívnejšie, hrubolavicovité až celistvé, lavicovité (5 – 25 cm), biomikritické, so stylolitmi, niekedy sublitografické (typu „biancone“). Sú béžové, biele alebo sivé, jemnozrné. Zriedkavo obsahujú tmavosivé, sivomodré až čierne rohovcové hľuzy. Vo vyšších častiach sú sivé, viac-menej škvrnité, doskovité, prevrstvené vrstvičkami slieňovcov a tmavých zbridičnatených ílovcov. Na mnohých miestach sú zhluky pyritu. Mikrofaciálne ide o biomikrity s dominanciou tintinoidných kalpionel (*Calpionella alpina* LORENZ). Vápence dosahujú hrúbku okolo 100 m, no tá je často tektonicky zredukovaná alebo naopak, znásobená. Ich vek je *titón až barém*. Sú tu zahrnuté aj sivozelené škvrnité slieňovce a vápence tisalského súvrstvia kysuckého vrstvomého sledu (*barém – starší cenoman*). Ich typickým znakom je tmavosivá bioturbácia. Dosahujú hrúbku asi do 20 m.

### **Gregoriánske brekcie** [*cenoman – paleocén(?)*]

(jeden výskyt v bradielku pri Červenej Vode)

Sú to slabo opracované brekciovitú až zlepenovo-brekciovitú, rýchlo deponované sedimenty s prevládajúcim monomiktným materiálom bradlových sedimentov. Veľkosť ostrohranných úlomkov je 1 – 10 cm, ojedinele sa nachádzajú aj olistolity s priemerom 3 až 5 m. Dominujúcou zložkou sú karbonáty (krinoidové vápence, titónske slienité vápence, hľuznaté vápence, rohovcové vápence, vápence vrchnej jury – spodnej kriedy) a pestré sliene púchovského typu. Sporadicky sa v brekciách vyskytuje aj zaoblený exotický materiál (žilný kremeň, žuly, melafýry, epimetamorfované sedimenty). Z genetického hľadiska sa považujú za podmorské sklzové telesá. Ich vek je *cenoman – paleocén(?)*.

### **Pročsko-jarmutské súvrstvie** [(*mástricht až paleocén (stredný eocén)*)]

(veľké plochy v okolí bradiel v celom úseku bradlového pásma)

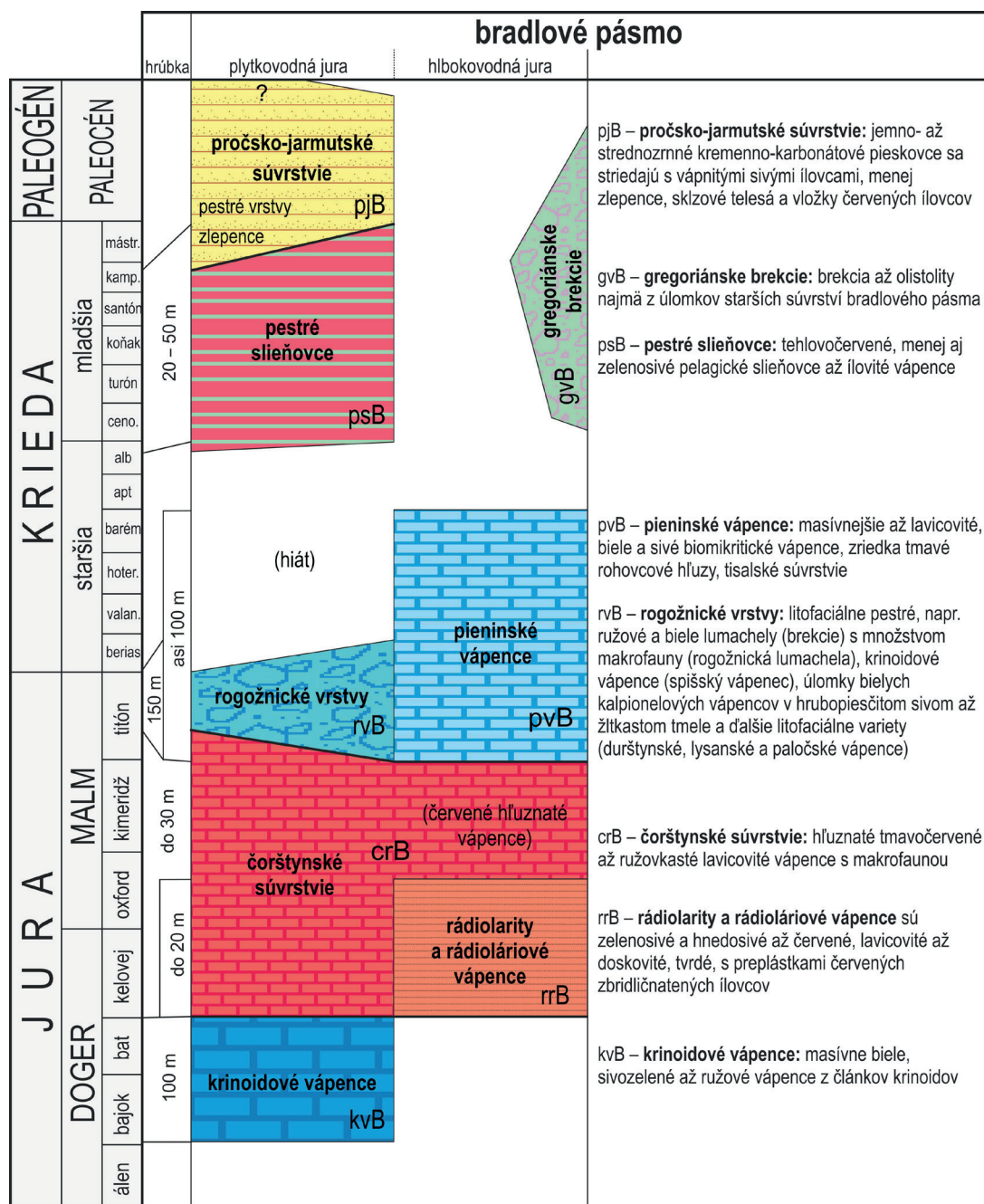
Pročsko-jarmutské súvrstvie má vývoj karbonátového flyšu. Pri pročskom vývoji prevládajú stredne lavicovité pieskovce nad ílovcami oproti tenšie vrstvomitému jarmutskému súvrstviu, kde je pomer p./í. vyrovnanější. Jemno- až strednozrné karbonatické až kremenno-karbonatické pieskovce až piesčité vápence sa striedajú s vápnitými tmavosivými ílovcami. Pieskovce sú výrazne paralelne laminované ( $T_{(a)b}$  zvrstvenie) a pri zvetrávaní sa tabuľkovito rozpadajú. Majú sivožltú farbu s typickými svetlými zvetranými klastami karbonátov. Až 60 % ich klastického materiálu tvoria zrná vápencov, dolomitov a úlomky foraminifer. Vek súvrstvia je *mástricht až paleocén (stredný eocén)*.

#### *Zlepenca v pročskom súvrství*

Pročsko-jarmutské súvrstvie obsahuje aj vložky mikrokonglomerátov, konglomerátov, brekcií a sklzových telies. Ich obliaky (4 – 7 cm aj viac) sú prevažne z mezozoických hornín, ale vyskytujú sa aj exotické obliaky (kremeň, kremence, porfýry, vápence, aj s materiálom bradlového pásma), organodetritické vápence, dolomity atď.

#### *Pestré vrstvy v pročskom súvrství*

Na viacerých miestach sú v pročsko-jarmutskom súvrství vložky červených a sivozelených piesčitých ílovcov s Mn konkréciami a tenkolavicovitými pieskovcami.



Obr. 2.5.1. Litostratigrafická tabuľka bradlového pásma (upravil F. Teťák podľa J. Nemčoka et al., 1990).

### Paleogén podtatranskej skupiny

Sedimenty tejto skupiny v hodnotenom území zastupuje hutianske súvrstvie.

### Hutianske súvrstvie

Hutianske súvrstvie predstavujú hlavne pelitické sedimentujúce v období neustáleho poklesávania morského dna. Ich prechod z borovského súvrstvia môže byť náhly alebo pozvoľný. Tvoria ho mohutný komplex vápňitých ílovcov s laminami siltovcov alebo ílosiltovcov vo výraznej prevahe nad jemnozrnnými pieskovecami a polymiktnými zlepencami. Farba ílovcov je sivožltá, sivá, zelenkastosivá, s charakteristickou bridličnatosťou. Ílovce prevládajú nad pieskovecami v pomere 5 : 1 až 10 : 1. V rámci hutianskeho súvrstvia vystupujú šambronské vrstvy tvorené polohami polymiktných zlepencov a drobnorytmického flyšu. Aj vo flyšových súboroch ílovce prevládajú nad pieskovecovou zložkou. Prevládajúcim typom pieskovecov sú jemnozrnné drobové pieskovece až siltovce.

**Magurská skupina príkrovov**

[zostavené podľa prác: Stráník (1965), Leško a Samuel (1968), Nemčok et al. (1990) a iných]

Celá flyšová časť skúmaného územia patrí ku krynickej (čergovskej) tektonicko-litofaciálnej jednotke magurskej skupiny príkrovov. Jej najstarším litostratigrafickým členom v oblasti Čergova je *belovežské súvrstvie* (paleocén – starší eocén) [v Poľsku vystupuje ešte starší člen – *ropianecké (inocerámové) vrstvy* (senón – paleocén) (Oszczypko, 1979)]. Sú to prevažne pelitické členy s tenko vrstvenou flyšovou sedimentáciou, miestami aj s pestrými ílovcami. Až od staršieho eocénu nastupuje sedimentácia pieskovcového súboru *magurského súvrstvia – čergovských vrstiev*. Len zriedka sú do polôh masívnych pieskovcov včlenené niekoľko desiatok metrov hrubé vložky tenko vrstveného a pestrého flyšu. Najmladším členom litostratigrafického sledu je *malcovské súvrstvie*, ktorého pestré litofaciálne zloženie sa vymyká z charakteru magurskej jednotky. Možno v rámci neho vyčleniť *globigerínové sliene, menilitové vrstvy a tylavské vápence* (Stráník, 1965).

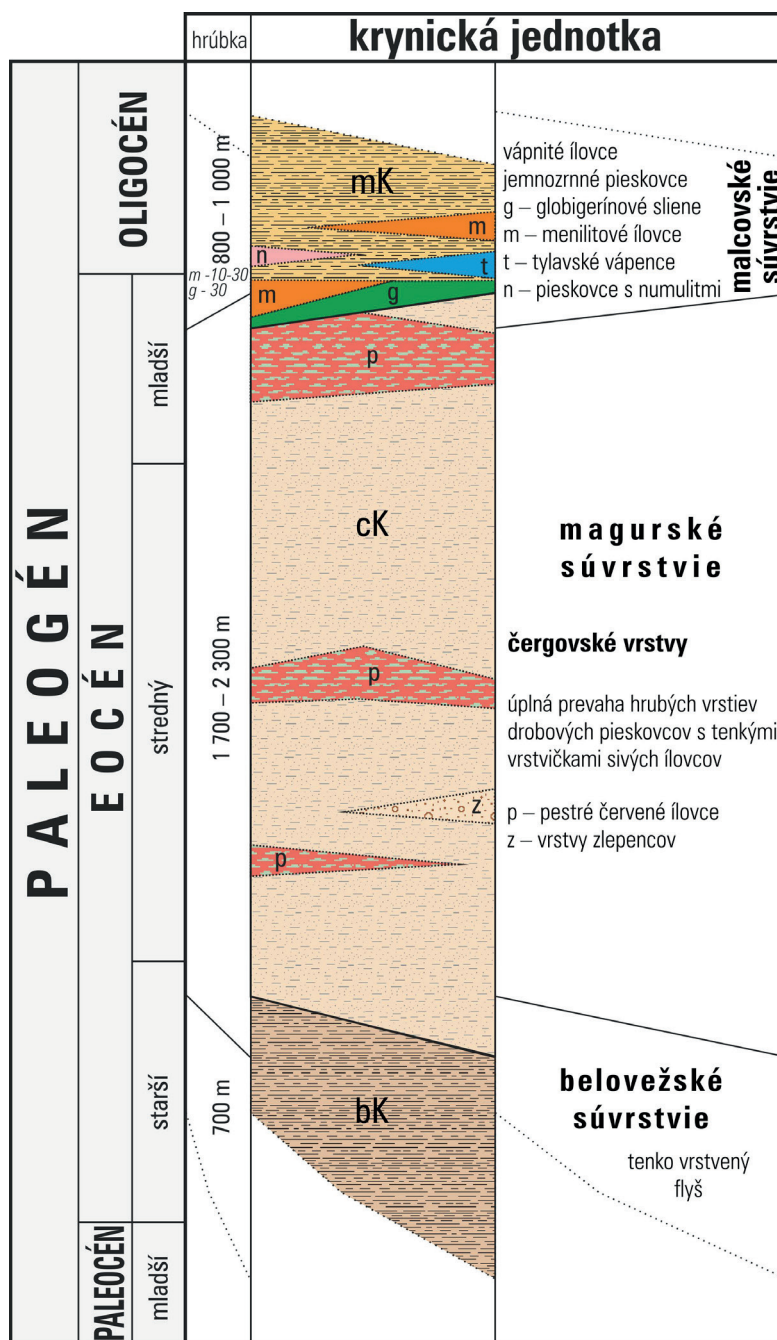
**Belovežské súvrstvie**

(paleocén  
– starší eocén)

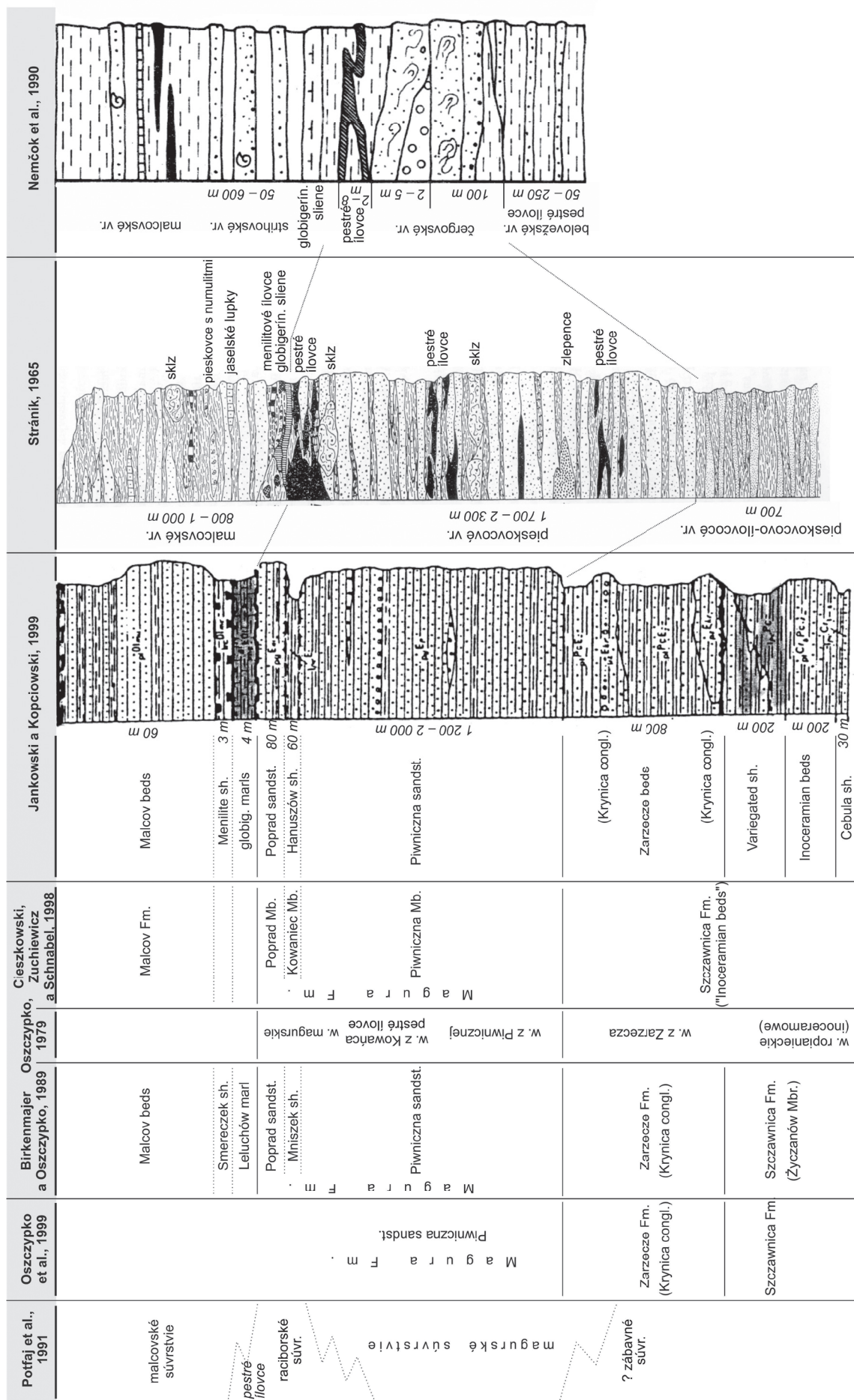
[ekv.: *Beloveža beds* (Świdziński, 1953), *pieskovcovo-ílovcové vrstvy* (Stráník, 1963, 1965), *Zarzecze beds* (Oszczypko, 1979, et al. 1999; Birkenmajer a Oszczypko, 1989), *krynické zlepenice (pieskovce)* (Świdziński, 1953; Birkenmajer a Oszczypko, 1989)]

Sú najstarším litostratigrafickým členom krynickej jednotky v tejto oblasti. Majú tenko vrstvený flyšový vývoj s miernou prevahou ílovcov (pomer p./í. je 1 : 1 až 1 : 2). Ílovce sú sivé až sivozelené, hnedosivé. Hojne ich prekladajú vrstvičky (2 – 20 cm) modrosivých, menej sivých a zelenosivých, nerovnomerne laminovaných ( $T_{bc}$ – $T_c$  Boumova sekvencia) jemnozrnných kremito-vápnitých pieskovcov s hojnými bioglyfmi (*Paleodiction*), muskovitom a zuhoľnatenou rastlinnou drvinou. V najvyššej časti postupne pribúdajú hrubšie pieskovce až do čergovských vrstiev. (Prínos klastického materiálu bol z JV. V Poľsku sa miestami vyskytujú 10 – 250 m hrubé polohy krynickej zlepenice).

Vek belovežského súvrstvia je (?)paleocén – starší eocén (Stráník, 1965; Bystrická et al., 1970; Oszczypko et al., 1999). Jeho hrúbka je okolo 700 m.



Obr. 2.5.2. Litostratigrafická tabuľka krynickej jednotky (magurskej skupiny príkrovov) v oblasti Čergova) (upravil F. Teťák podľa Stráníka, 1965).



Obr. 2.5.3. Korelačná tabuľka krynickej jednotky (zostavil F. Teták).

## Magurské súvrstvie (*eocén*)

### Čergovské vrstvy

[ekv.: *magurské pieskovce, čerchovské súvrstvie* (Pesl, 1968), *pieskovcové vrstvy* (Stránik, 1963, 1965), *strihovské vrstvy* (Nemčok, 1990; Nemčok et al., 1990), *Piwniczna sandst. – Mniszek/Hanuszów shales – Poprad sandst. – poľská lit. – Birkenmajer a Oszczytko, 1989*]

Termín čerchovské súvrstvie prvýkrát použil Pesl (1968) pre stredno- až hruborytmický flyšový vývoj krynickej jednotky. Zodpovedajú mu pieskovcové vrstvy Stránika (1965). Pre súvrstvie je charakteristická výrazná prevaha pieskovcov, kde pieskovce tvoria polohy hrubé niekoľko desiatok až málo sto metrov. Pomer pieskovcov k ílovcom je  $p./í. = 2 : 1 - 20 : 1$ . V niekoľkých stratigrafických úrovniach sa objavujú nepravidelné polohy pestrých ílovcov hrubé niekoľko desiatok metrov (max. 120 m). Z podložného belovežského súvrstvia sa čergovské súvrstvie vyvíja postupne od miernej až po výraznú prevahu pieskovcov. Podobne postupný prechod je do nadložia, kde sa medzi lavicami pieskovcov začínajú objavovať pestré ílovce a zatláčajú pieskovcovú sedimentáciu. Ďalej pokračuje tenko vrstvená sedimentácia s výraznou prevahou pestrých ílovcov. Hrúbka tejto polohy je niekoľko desiatok metrov. V jej nadloží sa miestami na krátko obnovila pieskovcová sedimentácia alebo sedimentácia prechádza do globigerínových slieňov malcovského súvrstvia.

**Pieskovce.** Sú drobové, s muskovitom, modrosivé, po navetraní hrdzavohnedé, jemno- až hrubozrnné, vápnité, na báze až drobnozlepencové (v spodnej časti vrstiev majú rozptýlené 2 – 5 mm obličky kremeňa, živcov, červených kvarcitov, aplítov, karbonátov...). Sú masívne alebo pozitívne gradačne zvrstvené, vo vrchnej časti sú vrstvy doskovito odlučné po plochách laminácie. Sú hrubé 5 – 300 (700) cm, no často sú amalgamované. Časté sú mechanoglyfy.

**Ílovce.** Tvoria tenké preplástky až vložky hrubé 5 – 30 cm. Sú tmavosivé a zelenosivé, zriedka vápnité, piesčité, lastúrnato-doštičkovito odlučné. Vo vrstvových škárach je často len ílovitý pieskovec so zuhoľnatenou rastlinnou drvinou. Polohy pestrých ílovcov a tenko vrstveného flyšu obsahujú zelené, červené, sivozelené a modrastosivé, väčšinou nevápnité, zvyčajne slabo piesčité mäkké ílovce.

**Zlepence.** Vyskytujú sa v polohách s prevahou pieskovcov a tvoria tam šmuhy až polohy hrubé do 3 m. Veľkosť obliakov je 1 – 5 (15) cm. Vyskytujú sa aj *sklzové telesá* tiloidných rozpadavých zlepencov (do 10 m) s obliakmi až blokmi exotík, mezozoických karbonátov a intraklastov (až 40 cm).

Leško (1960) vyčlenil z čergovských (strihovských) vrstiev a vrchnej časti belovežského súvrstvia tenko vrstvené polohy a polohy s pestrými ílovcami ako kobylnické vrstvy. Východne od Tople sa čergovské súvrstvie delí na pieskovcové (strihovské) a ílovcovo-pieskovcové (kobylnické) vrstvy (Pesl, 1968). Strihovské vrstvy vymedzil Leško (1963) ako niekoľko sto metrov hrubý flyšový, prevažne pieskovcový súbor s polohami exotických, obvykle tiloidných zlepencov. Ich vek je stredný eocén až nižšia časť mladšieho eocénu. Petrografický rozbor klastov zlepencov strihovských vrstiev spracovali Mišík, Sýkora a Jablonský (1991). Nemčok et al. (1990) názvom strihovské vrstvy označili pieskovcové pasáže, ktoré zaradili k malcovskému súvrstviu. „Vrstvy s pestrými ílovcami“ Stránika (1965) s *Cyclammia amplexans* (GRZYBOWSKI) vystupujúce v nadloží čergovských vrstiev sú ekvivalentom „łupkow z Mniszka“ Birkenmajera a Oszczytko (1989).

Vek magurského súvrstvia je podľa Stránika (1965) najmladší paleocén až stredný eocén, no určite zaberá značnú časť mladšieho eocénu, keďže malcovské súvrstvie len z menšej časti zasahuje do mladšieho eocénu (Leško a Samuel, 1968), od NP-10/11 (starší eocén) podľa Birkenmajera a Dudziaka (1981). Hrúbka súvrstvia je 1 700 až 2 300 m (Stránik, 1965).

### Malcovské súvrstvie (*mladší eocén – starší oligocén*)

Názov malcovské vrstvy zaviedol Świdziński (1961a, b). Malcovské súvrstvie zasahuje do študovanej oblasti výraznejšie len v čirčskej synklinále a iba okrajovo v malcovskej a richvaldskej synklinále. V nadloží pestrých ílovcov magurského súvrstvia sa vyskytujú *globigerínové sliene*. Nad nimi vystupujú ílovce *menilitového typu*. Ďalej v spodnej časti prevládajú pieskovce nad ílovcami (3 : 1). Tvoria lavice hrubé 20 – 160 (400) cm. Sú to sivomodré stredozrnné drobové pieskovce so závalkami ílovcov. Vyššie ležiace malcovské súvrstvie má flyšový charakter. V prostrednej časti pribúdajú a prevládajú ílovce ( $p./í. = 1 : 5 - 1 : 10$ ). Prevládajú vápnité sivé, zelenosivé, hnedosivé až tmavosivé **ílovce** s muskovitom vo vložkách hrubých 5 – 200 (600) cm. Zvetrávajú do siva až sivožltá. **Pieskovce** sú karbonátové, jemno- až stredozrnné, gradačne zvrstvené, v horných častiach lavice laminované, dobre vytriedené, miestami obsahujú šmuhy hrubších zrn a dosahujú hrúbku 5 – 60 (200) cm. Petrograficky ide prevažne o droby (menej drobové, arkózové a kremenné pieskovce a arkózy) (Nemčok a Ďurkovič, 1989). V spodnej časti

malcovského súvrstvia sa miestami vyskytujú vložky *karbonátových brekcií*. Vo vrchnej časti súvrstvia sú pieskovce. Ich vrstvy (200 – 250 cm) sú často na gradačnej báze až drobnozlepencové (*hervartovské konglomeráty*). Miestami sa vyskytujú *sklzové telesá*. Nad globigerínovým horizontom sa lokálne vyskytuje poloha rozpadavých zlepencov. Hrúbka zlepencov nepresahuje 5 m. Obliaky s materiálom kryštalínika, mezozoika a exotik s priemerom 2 – 5 cm sú v hlinito-piesčitej základnej hmote. Vyskytujú sa v ňom vložky *tylawských vápencov* a vyčleňujú sa *menilitové vrstvy*.

**Globigerínové sliene.** Tvoria ich modrasté, hnedasté, tmavohnedosivé, zelené a tehlovo červené vápnité, premenlivo piesčité muskovitické ílovce až slietovce. Striedajú sa vo vložkách hrubých 10 – 400 cm. Hojné je spoločenstvo mikrofauny mladšieho eocénu s *Globigerinoides index* FINLAY. Hrúbka polohy globigerínových slietov je asi 30 m (ekv.: *Leluchów Marl Mb.* – Birkenmajer a Oszczytko, 1989).

**Menilitové vrstvy.** Vyskytujú sa v nich ílovce *menilitového typu*. Sú to pomerne tvrdé hnedosivé, čokoládovhnede a čierne prekremenené nevápnité, slabo piesčité ílovce s čepeľovitou odlučnosťou. Vyskytujú sa v nich šupiny rýb. Miestami ich prestupujú tenké vrstvy modrosivých jemnozrnných vápnitých laminovaných pieskocov (15 – 25 cm) a vrstvy pelosideritov (10 – 20 cm). Vyskytla sa v nich aj numulitová brekcia a montmorillonitické tuftické íly. Niekedy sú prítomné vložky (až 7 cm) tmavohnedých rohovcov. Ich hrúbka je 10 až 30 m (ekv.: *Smereczek Shale Mb.* – Birkenmajer a Oszczytko, 1989).

**Tylawské vápence.** Ide o jemne laminované vrstvičky vápenca hrubé 10 – 15 cm. Laminácia je spôsobená striedaním svetlých a tmavších prúžkov. Svetlejšie prúžky tvorí karbonát a tmavšie prúžky klastický (ílovo-siltový) materiál (zrnká kremeňa do 0,01 mm, muskovit a pyrit) (Nemčok, Koráb a Ďurkovič, 1961). Bývajú belavo navetrané. Vyskytujú sa v najvyššej časti menilitových vrstiev alebo v strednej časti malcovského súvrstvia. Ich celková hrúbka je 45 až 60 cm.

**Jaselské lupky.** Sú to laminované alebo bridličnaté vápence čokoládovhnedej farby, po navetraní s bielou patinou. Vyskytujú sa v nich zvyšky rýb a foraminifery (ekv.: *Jaslo sh.*).

**Pieskovce s numulitmi.** Vyskytujú sa v spodnej časti malcovského súvrstvia. Sú to organogénne drobnozrnné zlepence obsahujúce strednoeocénne numulity, ktoré Bieda (1957) považuje za spodnú časť mladšieho eocénu. Ide však o redepozity.

V strednej časti malcovského súvrstvia miestami vystupujú tenké polohy (5 – 10 cm, zriedka aj viac) *sedimentov vulkanického pôvodu* kriedovobielych a bielomodrých tufticko-montmorillonitických ílovcov.

Stránik (1965) podľa výskumov Hanzlíkovej zaraďuje malcovské súvrstvie do mladšieho eocénu. Mikrofauna globigerín z tylawských vápencov z nadložia menilitových vrstiev však poukazuje na vrchnú časť mladšieho eocénu (zóna *Globigerina officinalis*) a z polohy v strede malcovského súvrstvia na starší oligocén (zóna *Globigerina postcretacea*) (Leško a Samuel, 1968). Preto len najspodnejšia časť malcovského súvrstvia spadá do mladšieho eocénu a vyššia, prevažná časť súvrstvia do staršieho oligocénu.

Hrúbka malcovských vrstiev sa odhaduje na 800 až 1 000 m.

## KVARTÉRNE SEDIMENTY

Na stavbe geomorfologických tvarov a modelovaní reliéfu vôbec sa okrem sedimentov bradlového mezozoika a paleogénu podieľajú aj kvartérne sedimenty. Ide predovšetkým o akumulácie úlomkových častíc v údoliach riek a potokov, ale aj na svahoch a ich úpätiach. Ďalšie kvartérne sedimenty reprezentujú eluviálne a deluviálne hlinito-piesčité a hlinito-kamenité sedimenty. Tento typ sedimentov vytvára akumuláčnne formy. Erozívno-akumuláčnne formy sa zachovali vo forme terás, náplavových kužeľov a zosuvov. V zmapovanom území sú znázornené kvartérne sedimenty, ktorých hrúbka presahuje 1 m. Sú to tieto typy sedimentov:

- fluviálne piesčité a hlinité štrky s pokryvom piesčitých hĺn,
- proluviálne hlinito-piesčité štrky,
- deluviálne sedimenty.

### Fluviálne sedimenty stredných a nízkych terás (*riss*)

Stredné terasy sa nachádzajú v údolí rieky Poprad a tvoria ich piesčité štrky. V tejto štrkovej akumulácii majú zastúpenie opracované pieskovce, menej kremence a vápence. Kremence a vápence najpravdepodobnejšie pochádzajú zo zlepencov flyšových sekvencií (sklzové telesá, konglomeráty). Hrúbka týchto akumulácií sa pohybuje od 2 do 5 m (Nemčok et al., 1990).

Nízke terasy sa nachádzajú v údolí rieky Poprad, kde prechod medzi terasovými stupňami a dolinnou nivou je plynulý. Tieto terasové akumulácie sú zväčša pravidelne zaplavované pri jarných povodniach. Štrkovú akumuláciu tvoria hlavne obliaky pieskocov. Jej hrúbka sa pohybuje od 3 do 7 m. Relatívna výška sa pohybuje v rozmedzí 5 – 10 m nad dnešnou úrovňou toku (Nemčok et al., 1990).



### **Proluviálne sedimenty (pleistocén – holocén)**

Náplavové kužele sú vyvinuté na bočných prítokoch do hlavných údolí, kde pri zmene spádovej krivky uložili svoj materiál. Povrch týchto kuželov je intenzívne rozčlenený ramenami divočiach tokov, ktoré v nich najmä za vyšších stavov vody prekladajú svoje korytá. Štrkový materiál náplavových kuželov je väčšinou hrubý, ale aj opracovaný, pričom opracovanie rýchlo narastá smerom po toku. Štrky sú veľmi zahliňené, málo vytriedené, pochádzajú z hornín v blízkosti znosovej oblasti týchto prítokov (Nemčok et al., 1990).

### **Deluviálne sedimenty**

Deluviálne sedimenty majú v území značné rozšírenie a miestami dosahujú väčšiu hrúbku. Na mape sú vyčlenené len také deluviálne sedimenty, ktoré sú hrubšie ako 1 m. Ich zloženie, úložné pomery a hrúbka sú závislé od litologického podložja, sklonu strání a celkovej členitosti reliéfu. Keďže územie z väčšej časti budujú flyšové horniny zložené z ílovcov, v periglaciálnych podmienkach sa rýchlo rozpadali. Horšia priepustnosť spôsobila, že pri zvýšení obsahu vody sa elúviá ľahko dostali do pohybu už pri malých sklonoch strání. Hlinité delúviá majú najväčšie rozšírenie v územiach tvorených ílovcovými, resp. ílovcovo-pieskovcovými súvrstviami. Najväčšie rozšírenie hlinito-kamenitých a kamenitých delúvií pozorujeme v magurskom a vnútrokarpatskom flyši. Najväčšiu hrúbku zasa dosahujú v depresiách bradlového pásma. Tvoria ich hliny žltohnedej až hrdzavohnedej farby s rôznym podielom piesčitej alebo kamenitej frakcie, miestami sú ílovité, obyčajne sivasté až sivohnedé. Takmer vždy obsahujú úlomky zvetraných pieskovcov, ktorých podiel smerom nadol stúpa. Niekedy v nich môžeme pozorovať náznaky zvrstvenia rovnobežného so sklonom strání. Niekedy na úpätiach strmých stien sú zachované kamenité až balvanovité delúviá. Nachádzajú sa v susedstve bradiel (bradlových tvrdošov), najmä v okolí Kamenice. V týchto miestach plošne malé kamenité delúviá vytvárajú výrazné osypy (Nemčok et al., 1990).

### **Fluviálne sedimenty (pleistocén – holocén)**

Dolinné nivy vyplnené fluvialnými štrkami, pieskoštrkami a piesčitými hlinami tvoria súvislý pás po oboch stranách tokov. Dnovú výplň štrkovej akumulácie tvoria väčšinou hrubé štrky striedajúce sa s 5 – 20 cm okruhlakmi s polohami pieskov. Bázu zväčša tvoria štrky, nad ktorými sú hlinito-piesčité a hlinité kaly. Fluvialna výplň nivy rieky Poprad sa podľa vrtných profilov pohybuje od 2 do 8 m (Nemčok et al., 1990).

## **2.5.3. Geologicko-tektonická stavba územia**

Morfologické vymedzenie študovaného územia je po obvode pohoria Čergov. Leží na južnom okraji Vonkajších Západných Karpát. Vonkajšie Karpaty (flyšové pásmo) tu zastupuje najjužnejšia jednotka magurskej skupiny príkrovov – krynická (čergovská) jednotka. Ďalej na juhu prechádza pás bradlového pásma, ktoré je hranicou Vonkajších Západných Karpát a Vnútrotných Západných Karpát.

Krynická jednotka magurskej skupiny príkrovov tvorí prevažnú časť územia pohoria Čergov. Je zástupená flyšovými sedimentmi staršieho paleocénu až mladšieho eocénu s prevažne pieskovcovou náplňou. Na severnom a východnom obvode územia je prevažne pelitické malcovské súvrstvie, ktoré vyplňa čirčskú, malcovskú a richvaldskú synklinálu. Juhozápadné ohraničenie je dané rozhraním bradlového pásma a vnútrokarpatského paleogénu alebo prechádza naprieč bradlovým pásmom. Bradlové pásmo je zložitá tektonická melanž (strižná zóna) jurských bradiel a ich obalu.

Študované územie patrí k trom samostatným tektonickým jednotkám – k magurskej skupine príkrovov (krynickéj jednotke), bradlovému pásmu a paleogénu podtatranskej skupiny. Tektonické jednotky sú tektonicky zblížené a oddeľuje ich výrazné vertikálne zlomové pásmo.

### *Magurská skupina príkrovov*

Magurskú skupinu príkrovov tu zastupuje jej najjužnejšia štruktúrna jednotka – krynická tektonicko-litofaciálna (čerchovsko-udavská) jednotka. Pre krynickú jednotku je typické zvrásnenie do miernych synklinál a antiklinál s veľkými amplitúdami, vznik menších aj väčších prešmykových štruktúr a celá táto

stavba je porušená systémom priečnych zlomov. Už počas eocénu bola oblasť magurského bazéna a jeho svahov orogeneticky nestabilná, keďže v sedimentárnom zázname čergovských vrstiev sú hojné sklzové telesá. Pri vrásnení magurského sedimentačného priestoru v mladšom eocéne (staropyrenejská fáza vrásnenia) sa krynická jednotka zvrásnila do miernych synklinál a antiklinál s veľkými amplitúdami (Stránik, 1965). Je to doložené menším tektonickým porušením malcovského súvrstvia oproti starším súvrstviám. Toto súvrstvie leží na menilitových vrstvách bez znakov transgresie, preto predpokladáme, že táto fáza vrásnenia prebehla v morskom prostredí (l. c.). Zvýšenie orogenetickej aktivity v období sedimentácie malcovského súvrstvia dokazujú hojné sklzové telesá a redepozity sedimentov a fauny. Po staršom oligocéne (mladopyrenejská fáza vrásnenia) došlo k regionálnemu výzdvihu sedimentačného priestoru magurského bazéna a tým aj k ukončeniu sedimentácie v ňom a k jeho vyvrásneniu. V oblasti bradlového pásma dochádzalo k subdukcii pod karpatský blok a neskôr aj k bočným transpresným posunom. Výsledkom týchto pohybov je dnešné tektonické zblíženie magurskej skupiny príkrovov s bradlovým pásmom (Potfaj et al., 1991).

### *Bradlové pásmo*

Bradlové pásmo je tektonická jednotka tvoriaca dlhú a úzku (2 až 5 km) zónu s bradlovým charakterom na rozhraní Vonkajších Západných Karpát a Vnútorých Západných Karpát. Ide o strmo vztýčenú tektonickú melanž na strižnej mobilnej zóne. Je preň charakteristická bradlovo-šupinová stavba s veľkým množstvom jurských sekvencií bradiel (čorštynská, kysucká, prechodné). Bradlá s rozmermi pár metrov až po niekoľko sto metrov sú obklopené menej odolným stredno- a vrchnokriedovým obalom slieňovcových a flyšových súvrství.

Táto stavba vznikla medzi starším oligocénom a mladším miocénom (sarmatom) (Potfaj, 1998). Značne sa zredukoval sedimentačný priestor a tektonicky sa zblížili jeho rôzne faciálne vývoje. Prejavilo sa to najmä v troch základných vývojových tektonických štádiách: tektonické procesy v albe (vytvorenie pravdepodobne príkrovej sústavy a vznik „exotickej“ kordiléry), eocéne (štrukturalizácia bradlových „obalov“) a miocéne (dotvorenie stavby v transpresno-transtenznom režime – horizontálne posuny).

### **Paleogén podtatranskej skupiny**

Vznik sedimentačného priestoru paleogénu podtatranskej skupiny je spojený s poklesom západokarpatského bloku ako celku v období stredného a vrchného eocénu. Medzi laramskou fázou vrásnenia a bartónskou, resp. priabónskou transgresiou do týchto priestorov uplynulo zhruba 25 miliónov rokov. V tom čase tu pretrvával režim kontinentálnej suchozemskej éry. Paleogénne sedimenty spolu so svojím podložím sú tektonicky porušené. Pôvodne usadené litostratigrafické celky, ako aj predpaleogénne zvrásnené a posunuté komplexy boli po oligocéne postihnuté germanotypnou zlomovou tektonikou. V dôsledku účinkov helvétskej fázy a mladších fáz alpínskeho orogénu sa územie rozlámalo na celý rad kryh s väčšou alebo menšou amplitúdou vertikálnych (poklesy, prešmyky) i horizontálnych pohybov. Kryhy budované plastickejšími horninami (napr. ílovcami hutianskeho súvrstvia) boli pôsobením tlaku lokálne detailne zvrásnené. Horniny priamo na zlomových líniách, ako aj v ich blízkosti bývajú často až vo vztýčenej pozícii (Gross et al., 1999).

Strmý násun bradlového pásma na sedimenty podtatranskej skupiny smerom na juh je možné pozorovať na úseku dlhom až 200 km (od oravského úseku cez šarišský úsek a snád' aj beňatinský úsek). Šambronsko-kamenické štruktúrne pásmo je široké 5 km a v úseku od Novej Ľubovne po oblasť sv. od Sabinova z jz. strany tesne sleduje východoslovenský úsek pieninského bradlového pásma v dĺžke zhruba 40 km. Pre toto štruktúrne pásmo je charakteristická prítomnosť veľkorozmerných antiklinálnych zlomových vrás vytvorených v hrubých telesách šambronských zlepcov, medzi ktorými sú ílovcové sedimenty intenzívne disharmonicky prevrásnené. Vrásnený komplex sa tu kompletne odlepil od podložia, a teda vznikli početné prešmykové zlomy, ktoré na základe celkovej geometrie boli interpretované ako juhovergentné, veľmi strmé, čiastočne slepé prešmyky (Plašienka in Soták et al., 1995).

Vytvorenie šambronsko-kamenických antifonných zväzkov sa pokladá za dôsledok transpresie v zóne smerného posunu pribradlovej zóny, ale oddeľujúce šambronsko-kamenické štruktúrne pásmo od bradlového pásma ako primárnu plochu presunu. V skutočnosti ide o ďalekosiahly bočný posuv (*strike-slip*), ktorý nepochybne amputoval sv. okrajové časti vnútrokarpatskej paleogénnej panvy (Marchalko, 1975).

---

## 3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA

---

### 3.1. SÚČASNÝ STAV HYDROGEOLOGICKEJ PRESKÚMANOSTI ÚZEMIA

V skúmanom regióne bola hydrogeologická preskúmanosť veľmi slabá. Pozostávala len z lokálnych prieskumných vrtných prác, účelovo zameraných na získanie zdrojov pitnej vody pre jednotlivé menšie spotrebiská, hlavne pre poľnohospodárske družstvá alebo malé priemyselné podniky. Práce vykonávali zväčša prieskumné zložky projektových ústavov, pridružené výroby bývalých JRD a Vodné zdroje Prešov. Prieskumné práce boli zamerané zväčša na náplavy tokov. Vrtvy obyčajne zasahovali aj do podložných flyšových hornín, no tie neboli zvlášť odskúšané. Na základe petrografického zloženia aj celkovej výdatnosti vrtov možno usudzovať, že priepustnosť podložia bola iba veľmi nízka.

O hydrogeologických pomeroch flyšových území všeobecne pojednáva Hynie (1961). Opisuje ich litologický charakter, priepustnosť, výdatnosť prameňov a kvalitu podzemnej vody. Flyšové oblasti ako celok považuje za veľmi chudobné na podzemnú vodu. Uvádza, že len v oblastiach s priaznivým litologicko-tektonickým vývojom sa nachádzajú pramene s výdatnosťou jeden až niekoľko  $l \cdot s^{-1}$ . Kvalitu podzemnej vody označuje za dobrú a podzemnú vodu za vhodnú na pitné účely zväčša bez úpravy.

Prvou prácou zaoberajúcou sa hydrogeológiou flyšu bola hydrogeologická štúdia Pospíšila (1968) z územia flyšového pásma. Boli v nej zhodnotené litologicko-tektonické pomery z hľadiska hydraulických vlastností hornín, poznatky o ich priepustnosti podľa výsledkov inžinierskogeologického prieskumu (vodné tlakové skúšky) a podľa sporadických hydrogeologických vrtov. Na základe toho boli vytypované hydrogeologicky priaznivé flyšové vývoje. Následné prieskumné práce (Žák, 1969) vo vybraných oblastiach boli zamerané na spoznanie spôsobu odvodňovania flyšových komplexov a na niektorých lokalitách dokumentovali významné prestupy podzemnej vody z flyšu do povrchových tokov a ich náplavov. Na najpriaznivejšej lokalite (Jasenovce) bol vykonaný geofyzikálny prieskum, vrtné práce a čerpacie práce. Z dvoch hydrogeologických vrtov s hĺbkou okolo 40 m situovaných na poruchovej zóne sa jednotlivo čerpalo  $Q = 5,0 l \cdot s^{-1}$ . Pri dlhodobom spoločnom čerpaní však výdatnosť poklesla na polovicu.

Uvedené práce zamerané na overenie nových názorov na hydrogeológiu flyšu ukázali, že niektoré flyšové, hlavne pieskocové vývoje sú hydrogeologicky priaznivé z hľadiska využitia zásob podzemnej vody. Prvé ucelené hodnotenie hydrogeologických pomerov Čergova bolo urobené v rámci zostavovania *Základnej hydrogeologickej mapy 1 : 200 000, list Poprad* (Hanzel et al., 1974). K poznaniu hydrogeológie flyšu prispela aj registrácia prameňov v povodí Popradu (Haluška et al., 1973), Hornádu (Halešová et al., 1976) a Bodrogu (Mlynarčík, 1978).

V roku 1975 realizoval Cibulka (1975) hydrogeologickú štúdiu *Čergovské pohorie*, ktorá vychádzala z výsledkov lokálnych prieskumných prác vo flyšových oblastiach a priniesla nový pohľad na problematiku hydrogeológie flyšu.

Prvý rozsiahlejší výskum pohoria Čergova začali realizovať IGHP Košice v rokoch 1976 – 1984. Išlo o regionálny vyhladávací prieskum s výpočtom zásob podzemnej vody, ktorého výsledky priniesli súbor základných informácií o hydrogeologických a hydrogeochemických pomeroch územia. Počas tohto prieskumu sa realizovalo 19 hlbokých hydrogeologických vrtov (označenie vrtov COH, hĺbka od 100 do 150 m) a 16 plytkých hydrogeologických vrtov (označenie vrtov CPH, hĺbka od 6 do 8 m), na ktorých sa robili krátke a dlhodobé čerpacie skúšky. Bolo zdokumentovaných 1 056 prameňov a realizovalo sa dvojročné režimové pozorovanie na 10 hydrogeologických vrtoch, 18 prameňoch a 13 povrchových tokoch. Zásoby podzemnej vody boli vyčíslené ako prírodné zdroje v kategórii  $C_2$  na  $1\,600 l \cdot s^{-1}$ , v kategórii  $C_1$  na  $904 l \cdot s^{-1}$  a v kategórii  $C_2$  na  $222 l \cdot s^{-1}$ . Z pohľadu kvality podzemnej vody sa preukázalo, že podzemná voda vo flyšových horninách má v prírodnom, neznečistenom stave dobrú kvalitu vyhovujúcu na pitné účely (Bajo et al., 1984).

Na základe výsledkov vyhladávacieho prieskumu sa na tomto území v rokoch 1987 – 1994 začala realizovať ďalšia etapa prieskumných prác – predbežný hydrogeologický prieskum *Paleogén Čergova* (Bajo et al., 1994) s vyčíslením zásob podzemnej vody. V rámci tohto prieskumu sa uskutočnilo ďalších 16 prieskumných vrtov (označenie vrtov COH-101 až -127, hĺbka od 100 do 151 m), 4 merné zariadenia na prameňoch a 3 vodomerné stanice na povrchových tokoch. Na hydrogeologických vrtoch sa urobili

intervalové overovacie čerpacie skúšky, na vystrojených vrtoch (COH-102, -104, -105, -108, -110, -115, -116, -118, -127) a piatich starších vrtoch vyhládavacieho hydrogeologického prieskumu (COH-6, -11, -15, -18, -19) sa urobili dlhodobé a poloprevádzkové čerpacie skúšky. Súčasťou prieskumných prác bolo hydrogeologické mapovanie, meranie prietoku a dvojročné sledovanie režimu a kvality podzemnej a povrchovej vody na vybraných objektoch. Súhrnné poznatky sú znázornené na účelovej hydrogeologickej a hydrochemickej mape v mierke 1 : 50 000. Na základe realizovaných prieskumných prác sa spresnili zásoby podzemnej vody takto: prírodné zdroje v kategórii  $C_2$  na  $1\,025,0\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , v kategórii  $C_1$  na  $918,0\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a využiteľné zásoby v kategórii  $C_2$  na  $179,0\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a v kategórii B na  $55,0\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . V súčasnosti v zmysle vyhlášky č. 141/2000 sú prírodné zdroje a zásoby súčasťou prírodného množstva a využiteľné zásoby sa označujú ako využiteľné množstvo. V správe sa uvádza, že hlavný kolektor podzemnej vody územia predstavuje pripovrchová zóna paleogénnych komplexov a z hľadiska akumulácie podzemnej vody na ich vodárenské využitie sú najpriaznivejšie poruchové zóny, prebiehajúce najmä údoliami hlavných potokov.

### 3.2. SÚČASNÝ STAV HYDROGEOCHEMICKEJ PRESKÚMANOSTI ÚZEMIA

Chemické zloženie a kvalita podzemnej vody z územia sa do roku 1984 overovali len v rámci lokálnych hydrogeologických prieskumov na zabezpečenie miestnych vodných zdrojov a zdrojov obecných vodovodov (Snakov, Lukov, Lutina, Lenártov, Malcov, Milpoš, Kružlovská Huta, Kľušov, Terňa, Jakubovany a i.), resp. inžinierskogeologických prieskumov na rôzne miestne stavebné účely. Z týchto aspektov sa aj kvalita podzemnej vody posudzovala z hľadiska jej využitia ako pitnej vody alebo z hľadiska jej agresívnych vlastností na stavebné základy. Tieto prieskumné práce realizovali prevažne pracovníci príslušných prieskumných organizácií, najmä bývalých vodných zdrojov a projekčných ústavov.

Komplexnejší regionálny pohľad na hydrogeochemické pomery pohoria Čergov sa začal vytvárať začiatkom osemdesiatych rokov v rámci hydrogeologickej štúdie bývalého IGHP Košice. Tejto problematike sa venovali L. Cibulka a A. Szabová (1975). Následne IGHP Košice realizoval v území rozsiahly regionálny vyhládavací výskum s výpočtom zásob podzemnej vody, ktorého výsledky priniesli významný súbor základných informácií nielen o hydrogeologických, ale aj hydrogeochemických pomeroch územia (Szabová in Bajo a Cibulka, 1984). V rámci tohto prieskumu sa v celom vymedzenom území sledovalo chemické zloženie vody 93 prameňov a podzemná voda z 19 hlbokých (vrty COH – 100 až 150 m) a 16 plytkých vrtoch (vrty CPH – 6 až 8 m v alúviách potokov). Pramene sa sledovali minimálne 2x ročne – v jarnom a jesennom období, 19 prameňov sa režimovo sledovalo aj štvrt'ročne. Na plytkých vrtoch sa odoberali vzorky počas realizácie orientačných a krátkodobých čerpacích skúšok v trvaní 5 – 7 dní, z hlbokých vrtoch sú k dispozícii viaceré chemické analýzy z dlhodobých čerpacích skúšok (10 – 30 dní).

Na základe týchto výsledkov vyhládavacieho prieskumu sa po roku 1990 na území pohoria Čergov realizovala ďalšia etapa prieskumných prác – predbežný hydrogeologický prieskum *Paleogén Čergova* (Bajo et al., 1994) s vyčíslením zásob podzemnej vody. Súhrnné poznatky z hydrochemického hľadiska: v území dominujú vody výrazného vápenato-(horečnato)-hydrogenuhličitanového typu s výraznejším zastúpením zložky  $S_2$  ( $\text{SO}_4$ ). Typická voda flyšu chemického Na– $\text{HCO}_3$  typu sa zistila len vo vrtoch, a to len ojedinele, bez výraznejšieho uplatnenia Na–Cl zložky. Z kvalitatívneho hľadiska podzemná voda vyhovuje legislatívnym požiadavkám na pitnú vodu a do budúcnosti je možné jej kvalitu zabezpečiť dodržaním predložených návrhov ochrany.

Z regionálneho hydrogeochemického hľadiska je významná skutočnosť, že z územia pohoria Čergov sú k dispozícii aj výsledky komplexných analýz podzemnej vody realizovaných v rámci *Geochemického atlasu SR* (Rapant et al., 1996). Tieto vzorky boli odobrané z prvého zvodneného horizontu a štatistická hodnota hustoty ich odberov v rámci SR bola 1 vzorka na  $3\text{ km}^2$ . Analyzoval sa v nich obsah 32 hlavných zložiek determinujúcich ich chemické zloženie. Tieto výsledky významne doplnili širokú databázu údajov, na základe ktorých bola hydrogeochemická mapa zostavená.

### 3.3. HRANICE HYDROGEOLOGICKÝCH RAJÓNOV A ÚTVAROV PODZEMNEJ VODY V ÚZEMÍ

Hodnotené územie patrí z prevažnej väčšiny do hydrogeologického rajónu P 109 a len v južnej časti presahuje hranica územia do hydrogeologického rajónu QP 120 na dĺžke asi 12 km a šírke 1 km (obr. 3.3.1). Uvedené rajóny podzemnej vody patria medzi generujúce útvary podzemnej vody Slovenska. Hy-

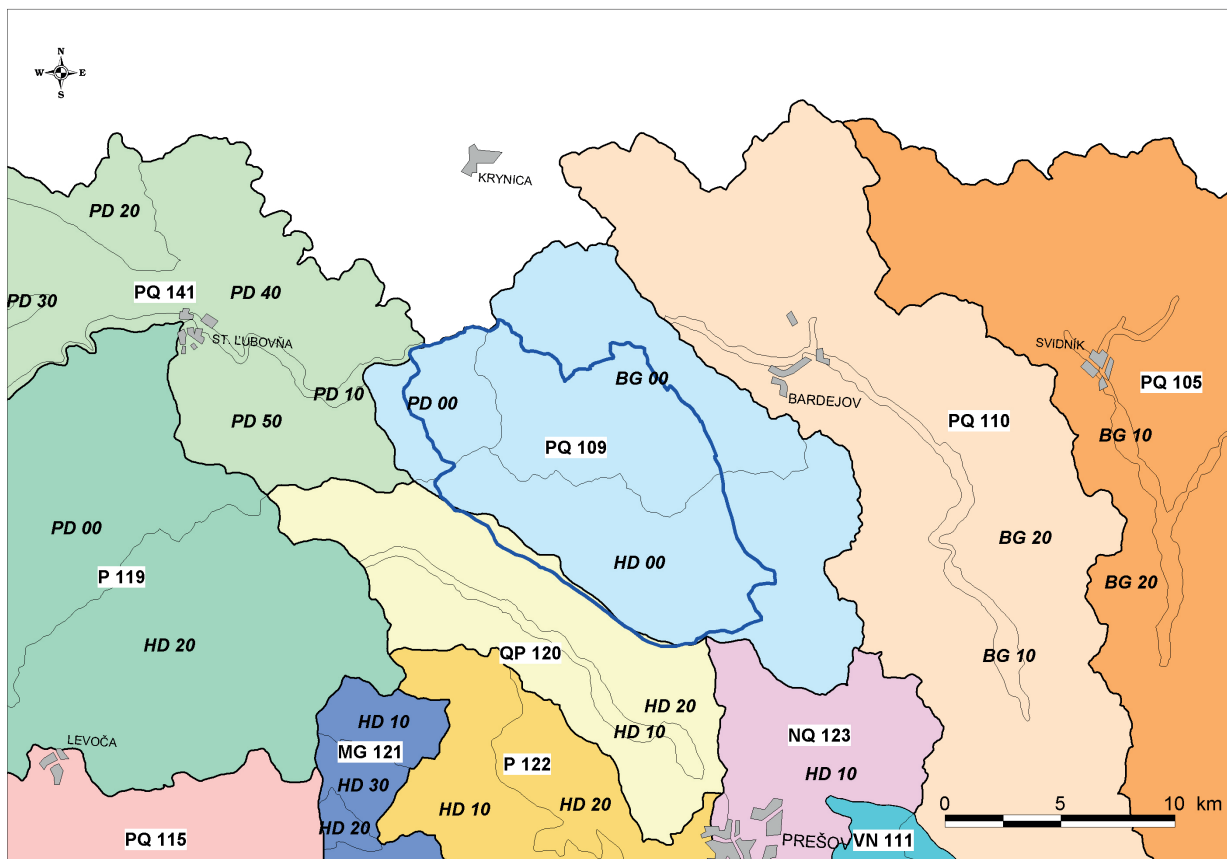
drogeologický rajón P 109 je súčasťou troch útvarov podzemnej vody podľa povodí, ku ktorým patria jednotlivé subrajóny. Malá časť územia pokrytá hydrogeologickým rajónom QP 120 je začlenená do útvaru puklinových podzemných vôd podtatranskej skupiny a flyšového pásma oblasti povodia Hornádu (tab. 3.3.2).

Tab. 3.3.1. Hydrogeologické rajóny nachádzajúce sa v hodnotenom území (rajonizácia SHMÚ, 1994).

Číslo hg. rajónu	Názov hydrogeologického rajónu	Označenie subrajónu	Názov subrajónu
P 109	Paleogén Čergova	BG 00	subrajón povodia Bodrogu, čiastkový rajón paleogénu
		PD 00	subrajón povodia Popradu, čiastkový rajón paleogénu
		HD 00	subrajón povodia Hornádu, čiastkový rajón paleogénu
QP 120	Paleogén Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny		

Tab. 3.3.2. Útvary podzemnej vody kvartérnych sedimentov v hodnotenom území (Kullman, ml. et al., 2005).

Označenie útvaru podzemnej vody	Názov útvaru podzemnej vody kvartérnych sedimentov	Generovanie útvaru podzemnej vody
SK2004700F	útvary puklinovej podzemnej vody flyšového pásma a podtatranskej skupiny oblasti povodia Dunajca a Popradu	celý rajón PQ 141 + subrajón PD 00 rajónu P 109 + subrajónu PD 00 rajónu PQ 115 + subrajónu PD 00 rajónu P 119 + čiastkový rajón PD 10 rajónu QG 139
SK2004900F	útvary puklinovej podzemnej vody podtatranskej skupiny a flyšového pásma oblasti povodia Hornádu	celé rajóny QP 120 a P 122 + subrajón HD 00 rajónu P 109 + čiastkového rajónu HD 10 rajónu PQ 115 + čiastkový rajón HD 20 rajónu P 119
SK2005700F	útvary puklinovej podzemnej vody flyšového pásma a podtatranskej skupiny oblasti povodia Bodrogu	celý rajón QPM 097, P 098, PQ 105, PQ 110 + čiastkový rajón BG 30 rajónu VNP 100 + subrajón BG 00 rajónu PQ 109



Obr. 3.3.1. Hranice hydrogeologických rajónov v hodnotenom území.

---

## 4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA

---

### 4.1. CHARAKTERISTIKA DOKUMENTAČNÉHO MATERIÁLU POUŽITÉHO NA ZOSTAVENIE HYDROGEOLOGICKEJ MAPY

Zostavenie základnej hydrogeologickej mapy regiónu Čergov pozostávalo zo štúdia archívneho materiálu Geofondu v Bratislave, z publikovaných článkov a monografií, údajov charakterizujúcich klimatické (zrážky a výpar) a hydrologické pomery (prietok na povrchových tokoch) v pozorovacích staniách SHMÚ a vlastného hydrogeologického mapovania. V hodnotenom území sa vykonalo geologické mapovanie v rokoch 1962 – 1965 (Stránik et al., 1965) a v rokoch 1987 – 1990 (Nemčok et al., 1990).

Údaje na charakteristiku klimatických a hydrologických pomerov študovaného územia boli získané zo základnej monitorovacej siete SHMÚ. V okolí pohoria Čergov sa nachádza 5 zrážkomerných staníc, pričom teplota a evapotranspirácia sa sledovali na troch meteorologických staniách (Bardejov, Sabinov a Plaveč). Sledovanie prietoku a hladiny na povrchových tokoch sa realizuje na 5 vodomerných staniách: 9 435 stanica Gerlachov/tok Topľa, 9 440 stanica Kružlov/tok Slatvinec, 9 460 stanica Kľušov/tok Šibská voda, 8 768 stanica Lutina/tok Lutinka a 8 830 stanica Demjata/tok Sekčov.

Dokumentovanie výverov v hodnotenom území prebiehalo počas hydrogeologického mapovania v rokoch 2003 až 2005. Celkovo bolo zdokumentovaných **1 620** prameňov, ktorých poloha je uvedená na mape dokumentačných bodov (príloha 4). Pri mapovaní prameňov bola zaznamenaná ich poloha, nadmorská výška, teplota vody, teplota vzduchu, merná elektrická vodivosť, charakter výveru a jeho využívanie (príloha 1). Na dokumentáciu prameňov sme použili údaje o prameňoch z práce Baja et al. (1984), ktorá okrem pohoria Čergov hodnotila aj príľahlú časť Ondavskej vrchoviny (Raslavickú brázdu). Dokumentácia o výveroch minerálnej vody v hodnotenom území čerpá informácie z práce Krahulca et al. (1978).

SHMÚ sleduje v pohorí Čergov tri pramene s týždenným intervalom (príloha 2). Jeden je na severovýchodnej strane pohoria (Lenártov, V podrožnom potoku) a ďalšie dva na jz. strane (Jakubovany, Švabľová voda; Olejníkov, Kačí jarok).

Meranie prietoku sme sa snažili realizovať počas nezrážkového obdobia v mesiacoch august až november rokov 2002, 2003 a 2004. Zistené významné prestupy podzemnej vody do povrchových tokov, resp. straty z povrchových tokov do horninového prostredia sú uvedené na základnej hydrogeologickej mape (príloha 6) a situácia jednotlivých profilov je na mape hydrogeologickej dokumentácie (príloha 4). Celkovo sa zrealizovalo **306** meraní prietoku na povrchových tokoch.

Na hodnotenie jednotlivých horninových prostredí boli použité údaje zo **66** hydrogeologických vrtov, ktoré poskytli údaje o hrúbke jednotlivých súvrství a charaktere podzemnej vody a hydraulické parametre na odhad koeficientu prietochnosti  $T$  (príloha 3).

### 4.2. SPÔSOB SPRACOVANIA HYDROGEOLOGICKÝCH ÚDAJOV

Základná hydrogeologická mapa pohoria Čergov je zostavená podľa metodiky Malíka et al., 2003. V tejto metodike ide o zobrazenie plošného rozsahu prvého zvodneného kolektora pri povrchu a jeho kvalitatívnych charakteristik. Základné charakteristiky zvodneného horninového prostredia – prietochnosť a jej variabilita, litologické zloženie a stratigrafické zaradenie horninového prostredia – sú vyjadrené takto:

- priemerná prietochnosť zvodneného horninového prostredia *farbou plochy*,
- variabilita prietochnosti *intenzitou farby plochy a číselným indexom*,
- litologické zloženie horninového prostredia *druhom a smerom šrafy na ploche*; vodorovnou šrafovou sú znázornené sedimentárne horniny uložené vodorovne a subhorizontálne,
- tektonické a stratigrafické zaradenie horninového prostredia *indexom na ploche*,
- významné hydrogeologické objekty a javy *bodovými a líniovými značkami*.

Základným podkladom na zostavenie tejto mapy boli najmä archivované materiály hydrogeologických a geologických správ uložené v archíve Geologického ústavu Dionýza Štúra, publikované články

a výsledky vlastných mapovacích prác a meraní prietoku. Ako geologický podklad slúžila *Digitálna geologická mapa Slovenska v mierke 1 : 50 000* autorského kolektívu Káčer et al., 2005. Z tejto digitálnej geologickej mapy boli vybrané geologické celky, ktoré sa nachádzajú v hodnotenom území. Jednotlivé geologické celky boli následne zlúčené do hydrogeologických celkov s podobnými hydrogeologickými charakteristikami. Zlučovanie geologických celkov sa realizovalo v prostredí MapInfo a z pôvodných 29 geologických celkov sa vytvorilo 14 hydrogeologických celkov.

Na zistenie priemernej prietochnosti zvodneného prostredia a jej variability sa použili archívne údaje z vrtov (hydrodynamické skúšky) a zmapovaných a zdokumentovaných výverov (s jednorazovým aj dlhodobým zameraním výdatnosti a fyzikálno-chemických parametrov).

Zmapované vývery podzemnej vody, ako aj staršie zdokumentované vývery sú zobrazené na mape hydrogeologickej dokumentácie a v jednotlivých hydrogeologických celkoch boli z týchto výverov stanovené základné štatistické údaje (počet výverov v hydrogeologickom celku, počet výverov na 1 km<sup>2</sup>, minimálna, priemerná a maximálna výdatnosť, medián výdatnosti, merný odtok podzemnej vody z výverov zdokumentovaných v jednotlivých hydrogeologických celkoch).

Meranie prietoku sa realizovalo so zámerom zistiť skryté prestupy alebo straty podzemnej vody z horninového prostredia do povrchových tokov alebo z povrchových tokov do horninového prostredia. Na meranie prietoku bolo vybraných celkovo 13 povrchových tokov na jz. strane pohoria (Lipiansky potok, Horošov, Hrašov, Lutinka, Tokáreň, Lúčanka, Vesné, Táborový potok, Jakoviánsky potok, Červený potok, Čierny potok, Drienický potok a Veľký potok). Pri meraní na povrchových tokov sa merala teplota a vodivosť vody, a to v hlavnom toku aj v prítokoch.

Pri spracovaní údajov o hydraulických vlastnostiach hornín bol uplatnený postup vypracovaný na regionálne hodnotenie hydraulických vlastností hornín (Jetel, 1985) s neskoršími inováciami (Jetel, 1993, 1999c, 2002). Prevažná väčšina podkladov neumožnila priame stanovenie hydraulicky striktno definovaných parametrov (koeficientu filtrácie  $k$  a koeficientu prietochnosti  $T$ ), takže bolo nevyhnutné vychádzať z porovnávacích parametrov – indexu prietochnosti  $Y$  (Jetel, 1985).

Ukazovateľom produktivity skúšaných úsekov skúmaných zvodnencov sú hodnoty indexu prietochnosti  $Y$ . Sú transformáciou hodnôt štandardnej mernej výdatnosti  $q$  (l . s<sup>-1</sup> . m<sup>-1</sup>), definovanou ako:

$$Y = \log 10^6 \cdot q \quad [1.1]$$

(log = dekadický logaritmus).

Štatistické spracovanie súborov údajov  $Y$  zahŕňalo vyčíslenie variačného rozpätia  $R(Y)$ , mediánu  $Md(Y)$  a aritmetického priemeru  $x(Y)$ . Variabilita hodnoty indexu  $Y$  bola charakterizovaná odhadom smerodajnej odchýlky základného súboru  $s_y$ , t. j. hodnota smerodajnej odchýlky s parametrom  $(n - 1)$ . Na výpočet koeficientu  $T$  bol použitý nasledujúci vzťah:

$$T = \text{anti log} (Y + d - 9) = 10^{(Y+d-9)} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}) \quad [1.2]$$

V prípade oblastí bradlového pásma, z ktorých neboli dostupné hydraulické parametre hornín získané z hydrogeologických vrtov, boli použité údaje koeficientu filtrácie z nepriamej hydrochemickej metódy. Na transformáciu hodnoty koeficientu filtrácie  $k$  do hodnoty odhadovaného koeficientu prietochnosti  $T$  bola použitá odhadovaná hrúbka pripovrchovej zóny  $b$  (50 m) v nasledujúcom vzťahu:

$$T = k \cdot b \quad (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}) \quad [1.3]$$

( $b$  = hrúbka pripovrchovej zóny).

Metódu nepriameho odhadu priemerného koeficientu filtrácie pripovrchovej zóny z údajov o chemickom zložení vody a geomorfometrických parametrov zostupných prameňov navrhli a postupne overovali Jetel a Rybářová (1983, 1985a, b).

Metóda vychádza z modelu tvorby chemického zloženia vody jednoduchého zostupného prameňa, napájaného prúdom podzemnej vody postupujúcim k prameňu po svahu laterálne pripovrchovou zónou a doplnovaným infiltráciou zrážok rovnomerne po celej dĺžke tohto prúdu. Model definujú tieto podmienky:

- relatívne krátky vertikálny zostup infiltrovanej vody cez pôdu a nenasýtenú zónu do prvej zvodne (t. j. do nasýtenej časti pripovrchovej zóny),

- zostupne laterálny pohyb podzemnej vody v nasýtenej časti pripovrchovej zóny smerom po svahu k výveru,
- približná zhoda priemerného sklonu hladiny prvej zvodne v úseku zostupne laterálneho pohybu s priemerným sklonom povrchu terénu (celého svahu nad prameňom),
- kvázi lineárny rast koncentrácie  $M_i$  uvažovanej zložky  $i$  s dĺžkou laterálnej filtrácie,
- výstup prúdu podzemnej vody z pripovrchovej zóny na povrch vo forme zostupného prameňa,

Výslednú koncentráciu zložky  $i$  správajúcej sa v súlade s prijatým modelom potom vo vode prameňa určuje vzťah

$$M_i = M_{i0} + \Delta M_i, \quad [1.4]$$

kde  $M_{i0}$  = začiatočná koncentrácia zložky  $i$  vstupujúca do procesu kvázi lineárneho rastu (t. j. koncentrácia vo vode po vertikálnom zostupe cez pôdu a nenasýtenú zónu do laterálneho prúdu),  $\Delta M_i$  = prírastok koncentrácie počas laterálneho prúdenia až po prameň. Teoretická analýza vzťahov medzi hydrochemickými a hydrodynamickými charakteristikami pripovrchovej zóny (Jetel a Rybářová, 1983; Jetel a Kullman, 1989) ukázala, že hodnotu prírastku  $\Delta M_i$  možno vyjadriť ako

$$\Delta M_i = (w_i/k) \times (m_A/m_e) \times (L/J), \quad [1.5]$$

kde  $w_i$  = rýchlosť prechodu zložky  $i$  z objemovej jednotky horniny do vody (interakčná rýchlosť zložky  $i$ ),  $k$  = priemerná efektívna hodnota koeficientu filtrácie pripovrchovej zóny,  $m_A$  = koeficient účinnosti filtračného prierezu („kinematická pórovitosť“ ako pomer celkového prierezu horniny vrátane pevných častíc – horninových zrn – a prierezu aktívnych pórov, ktorými prúdi voda),  $m_e$  = pórovitosť horniny, efektívna z hľadiska chemických reakcií medzi vodou a horninou,  $L$  = priemerná dĺžka dráhy laterálnej filtrácie v pripovrchovej zóne,  $J$  = priemerný sklon hladiny, aproximovaný priemerným sklonom povrchu terénu medzi začiatkom infiltrácie a výverom. Kombináciou rovníc [1.4] a [1.5] dospejeme k rovnici

$$M_i = M_{i0} + (w_i/k) \times (m_A/m_e) \times (L/J). \quad [1.6]$$

Štatistickou analýzou korelačno-regresných vzťahov medzi nameranými hodnotami koncentrácie  $M_i$  zložky  $i$  a hodnotami parametra  $L/J$  („redukovanej dráhy filtrácie“) pre vybrané súbory údajov o zostupných prameňoch z určitého hydrogeologicky homogénneho územia získame regresnú lineárnu rovnicu typu

$$M_i = a_i + b_i (L/J). \quad [1.7]$$

Hodnoty  $M_i$  získame chemickou analýzou vody prameňov, hodnoty  $L$  a  $J$  zistíme z topografickej (vrstevnicovej) mapy. Za hodnotu  $L$  sa spravidla dosadzuje polovičná dĺžka napájacieho svahu, t. j. polovičná vzdialenosť medzi pramenným výverom a najvyšším bodom, z ktorého priteká infiltrovaná voda k prameňu. Z porovnania rovníc [1.6] a [1.7] je zrejmé, že v podmienkach prijatého modelu hodnota lokujúcej regresnej konštanty  $a_i$  zodpovedá priemernej začiatočnej koncentrácii  $M_{i0}$  (predstavuje jej štatistický odhad). Empiricky zistený regresný koeficient  $b_i$  v rovnici [1.7] potom predstavuje štatistický odhad priemernej hodnoty koeficientu pred nezávisle premennou  $L/J$  na pravej strane rovnice [1.6], t. j.

$$b_i = (w_i/k) \times (m_A/m_e). \quad [1.8]$$

Pri konštantnej interakčnej rýchlosti  $w_i$  a pri konštantnej hodnote pomeru  $m_A/m_e$  tak recipročná hodnota  $b_i$ , t. j.  $1/b_i$  charakterizuje priemernú priepustnosť horninového prostredia, ktorým prúdi voda k prameňu, lebo formálnou úpravou získame z rovnice [1.8] vzťah

$$k = (1/b_i) \times w_i \times m_A/m_e. \quad [1.9]$$

Praktická aplikácia metódy je podmienená znalosťou alebo hodnoverným odhadom interakčnej rýchlosti  $w_i$  a pomeru  $m_A/m_e$ . Interakčné rovnice  $w_i$  možno odhadnúť z rovníc [1.7] – [1.9] v tých územiach, kde sú k dispozícii reprezentatívne údaje o priemernom koeficiente filtrácie pripovrchovej zóny získané inými metódami – hydrodynamickými skúškami vo vrtoch a pod.



### 4.3. CHARAKTERISTIKA REPRODUKOVATEĽNOSTI POUŽITÉHO HYDROGEOCHEMICKÉHO DOKUMENTAČNÉHO MATERIÁLU

Na zostavenie hydrogeochemickej mapy boli využité chemické analýzy podzemnej vody zo všetkých doteraz vykonaných prác, ktoré sú uvedené v kapitole *Hydrogeochemická preskúmanosť* (Bajo et al., 1984, 1994; Rapant et al., 1996 – *Geochemický atlas Slovenskej republiky – Podzemné vody*). Okrem toho sa v rámci úlohy odobralo 50 ks vlastných vzoriek, ktorých odbery boli prísne selektívne. Boli zamerané najmä na využívané vodné zdroje územia a na tie pramene, pri ktorých sa pri hydrogeologickom mapovaní zistili vyššie hodnoty konduktivity indikujúce potenciálne hlbší obeh, resp. možnosť kontaminácie podzemnej vody.

Zo starších prieskumných úloh z rokov 1981 – 1984 a 1990 – 1994 sa na zostavenie mapy využilo 205 chemických analýz z 93 prameňov (väčšina bola opakované, resp. sezónne režimovo ovzorkovaná), 88 chemických analýz z 35 hlbokých vrtov a 22 analýz zo 16 plytkých vrtov.

Z *Geochemického atlasu* sa využilo 115 chemických analýz podzemnej vody z prameňov a kopaných studní. Na zostavenie mapy sa z tohto dokumentačného materiálu po selekcii a výbere najreprezentatívnejších analýz použilo celkovo 480 kompletných analýz podzemnej vody. Prehľad všetkých chemických analýz využitých na zostavenie mapy udáva nasledujúci prehľad v tab. 4.3.1:

Tab. 4.3.1. Počet chemických analýz využitých na zostavenie mapy.

Obdobie	Objekty			
	pramene	kopané studne	hlboké vrty 100 – 150 m	plytké vrty 6 – 8 m
1981 – 1984 (Bajo et al., 1984)	205		68	22
1990 – 1999 (Bajo et al., 1994)			20	
1992 – 1993 ( <i>Geochemický atlas SR</i> , Rapant et al., 1996)	112	3		
2004 (hydrogeochemická mapa 1 : 50 000)	46	4		

S využitím chemických analýz z uvedených zdrojov a po ich doplnení novými odbermi a analýzami vzoriek v rámci tejto úlohy dosahuje hustota vzorkovania skúmaného územia až 1 – 2 vzorky na 1 km<sup>2</sup> a vyhovuje požiadavkám metodiky na zostavovanie hydrogeochemických máp.

Požiadavky metodiky na zostavovanie hydrogeochemických máp pri odberoch vzoriek, terénnom meraní a stanovení boli dodržané v prípade vzoriek z geochemického atlasu a pri nových odberoch v rámci tejto úlohy. O spôsobe odberov vzoriek a terénnych meraní v použitých archívnych správach nie sú podrobnejšie informácie.

Chemické analýzy podzemnej vody, ktoré boli použité na zostavenie hydrogeochemickej mapy, boli stanovené v dvoch laboratóriách – v hydrogeochemickom laboratóriu bývalého IGHP v Žiline (roky 1981 – 1984 a roky 1990 – 1994) a v referenčných geoanalytických laboratóriách ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi (2004). V hydrogeochemickom laboratóriu IGHP v Žiline sa v rokoch 1991 – 1994 analyzovali aj vzorky podzemnej vody do *Geochemického atlasu SR* (Rapant et al., 1996).

V zmysle smernice MŽP SR č. 9/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 (ďalej len smernica) je potrebné, aby sa všetky analyzované zložky analyzovali s dektickým limitom o 1 rád nižším, ako sú ich normované a legislatívne hodnoty.

Tab. 4.3.2. Geoanalytické laboratória ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi.

Ukazovateľ	Jednotka	Detekčný limit (DL)	Metóda stanovenia	Špecifikácia prístroja
pH		0,1	E	polarograf EP-100
KNK, ZNK	mmol . l <sup>-1</sup>	0,01	V	
Elektrolytická konduktivita	mS . m <sup>-1</sup>	1	E	OK 104
Odparok	mg . l <sup>-1</sup>	20	G	
Rozpust. O <sub>2</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,05	MS	OXI 538
H <sub>2</sub> S	mg . l <sup>-1</sup>	0,05	F	SPEKOL 11
SiO <sub>2</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,05	AES – ICP	LIBERTY 200
Agr. CO <sub>2</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,2	V	
ChSK <sub>Mn</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,05	V	
BSK <sub>5</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,05	MS	OXI 538
Na	mg . l <sup>-1</sup>	0,1	AES – ICP	LIBERTY 200
K	mg . l <sup>-1</sup>	0,3	AES – ICP	LIBERTY 200
Ca	mg . l <sup>-1</sup>	0,1	AES – ICP	LIBERTY 200
Mg	mg . l <sup>-1</sup>	0,1	AES – ICP	LIBERTY 200
Ba	mg . l <sup>-1</sup>	0,01	AES – ICP	LIBERTY 200
Mn	mg . l <sup>-1</sup>	0,005	AES – ICP	LIBERTY 200
Fe	mg . l <sup>-1</sup>	0,007	AES – ICP	LIBERTY 200
Al	mg . l <sup>-1</sup>	0,03	AES – ICP	LIBERTY 200
NH <sub>4</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,01	F	SPEKOL 11
Cl	mg . l <sup>-1</sup>	2	IC	DX –120
F	mg . l <sup>-1</sup>	0,1	IC	DX –120
NO <sub>2</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,01	F	SPEKOL 11
NO <sub>3</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	2,5	IC	DX – 120
HCO <sub>3</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,5	výpočet	
SO <sub>4</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	2,5	IC	DX – 120
PO <sub>4</sub>	mg . l <sup>-1</sup>	0,01	F	SPEKOL 11
Hg	mg . l <sup>-1</sup>	0,1	AAS – AMA	AMA 254
As	mg . l <sup>-1</sup>	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Sb	mg . l <sup>-1</sup>	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Bi	mg . l <sup>-1</sup>	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Se	mg . l <sup>-1</sup>	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Ni	mg . l <sup>-1</sup>	2	AES – ICP	LIBERTY 200
Cu	mg . l <sup>-1</sup>	2	AES – ICP	LIBERTY 200
Pb	mg . l <sup>-1</sup>	4	AES – ICP	LIBERTY 200
Cd	mg . l <sup>-1</sup>	0,3	AES – ICP	LIBERTY 200
Zn	mg . l <sup>-1</sup>	3	AES – ICP	LIBERTY 200
Co	mg . l <sup>-1</sup>	2	AES – ICP	LIBERTY 200
Cr	mg . l <sup>-1</sup>	2	AES – ICP	LIBERTY 200

Tab. 4.3.3. Geochemický atlas.

Prvok – zložka	Detekčný limit (DL) (mg · l <sup>-1</sup> )	Interval spoľahlivosti (mg · l <sup>-1</sup> )	Metóda	Špecifikácia prístroja
Na	0,1	± 0,2	AAS – F	Varian 1 200
K	0,1	± 0,2	AAS – F	Varian 1 200
Mg	1	± 0,5	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Ca	1	± 0,75	ICP – OES	Liberty 200, Varian
SiO <sub>2</sub>	0,5	± 0,55	SPFM	Spekol 11, Carl Zeiss
NH <sub>4</sub>	0,05	± 0,02	SPFM	Spekol 11, Carl Zeiss
F	0,1	± 0,015	ISE	pX, OP 208/1Radelkis
Cl	0,1	± 0,3	T	pX, OP 208/1Radelkis
NO <sub>3</sub>	0,5	± 0,4	ITHP	ZKI 02, Labeco
SO <sub>4</sub>	0,3	± 0,5	ITHP	ZKI 02, Labeco
HCO <sub>3</sub>	0,1	± 2,1	T	–
PO <sub>4</sub>	0,05	± 0,01	SPFM	Spekol 11, Carl Zeiss
Fe	0,01	± 0,01	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Mn	0,005	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Cr	0,000 5	± 0,000 6	AAS – ETA	4 100 ZL, Perkin Elmer
Cd	0,000 5	± 0,000 4	AAS – ETA	Spectr AA 300 s GTA, Perkin Elmer
Pb	0,001	± 0,001	AAS – ETA	4 100 ZL, Perkin Elmer
Mn	0,005	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Cd	0,000 5	± 0,000 4	AAS – ETA	Spectr AA 300 s GTA, Perkin Elmer
Pb	0,001	± 0,001	AAS – ETA	4 100 ZL, Perkin Elmer
As	0,001	± 0,000 5	AAS – MHS	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Se	0,001	± 0,000 6	AAS – MHS	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Cu	0,000 5	± 0,000 7	AAS – ETA	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Al	0,01	± 0,01	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Zn	0,001	± 0,002	AAS – F	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Hg	0,000 2	± 0,000 2	AAS – CV	Varian 1475B s VGA-76
Sb	0,000 2	± 0,000 3	AAS – MHS	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Ba	0,01	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Li	0,002	± 0,002	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Sr	0,01	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
ChSK <sub>Mn</sub>	0,08	± 0,1	T	–
Agr. CO <sub>2</sub>	2,2	± 4,62	T	–

AAS – F: plameňová atómová absorpčná spektrofotometria

SPFM: spektrofotometria

AAS – ETA: atómová absorpčná spektrofotometria – elektrotermická atomizácia

ISE: ionoselektívne elektródy

AAS – CV: atómová absorpčná spektrofotometria – studená para

ITPH: izotachoforéza

AAS – MHS: atómová absorpčná spektrofotometria – metóda generovania hydridov

T: acidobázické titrácie

ICP – OS: optická emisná spektroskopia – indukčne viazaná plazma

Kvalita a reprodukovateľnosť chemických analýz podzemnej vody do geochemického atlasu bola zabezpečená internými a externými kontrolami (Rapant et al., 1996), kvalita doplňujúcich analýz v GAL ŠGÚDŠ bola overená formou interných kontrolných analýz a formou regulačných diagramov. Staršie analýzy vykonané v hydrogeochemickom laboratóriu IGHP v rokoch 1981 – 1984 boli podrobené kontrole prípustnej chyby analýzy (max. 5 % rozdiel v sume aniónov a katiónov) a pri stopových prvkoch analýze detekčných limitov a medzí stanovenia.

Pri testovaní a zisťovaní rozsahu stanovení prvkov v jednotlivých súboroch sa zistilo, že problematické sú výsledky stanovení Cd v analýzach IGHP Žilina z rokov 1981 – 1984, veľmi často dosahujúce anomálne hodnoty. Z tohto dôvodu aj preto, lebo pri neskorších hydrochemických prácach sa zvýšené hodnoty Cd v území nepotvrdili, sme ich vylúčili z ďalšieho hodnotenia. Ďalšou problematickou skutočnosťou bolo, že vo väčšine týchto vzoriek chýbali stanovenia hliníka (Al). Z výsledkov ostatných analýz vyplynulo, že práve obsah tohto prvku zaraďoval podzemnú vodu niektorých oblastí do horších tried kvality.

Rozsah stanovení, detekčné limity, intervaly spoľahlivosti a analytické metódy rozborov podzemnej vody z oboch laboratórií sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách 4.3.2 a 4.3.3.

---

## 5. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

---

Hydrogeologické pomery územia sú podmienené geologicko-tektonickou stavbou a morfológickými, klimatickými a hydrologickými podmienkami. Tieto faktory najviac ovplyvňujú formovanie podzemnej vody, jej režim, obeh a akumuláciu.

### 5.1. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA HORNÍN

Hodnotenú územie budujú sedimenty bradlového pásma, paleogénne sedimenty podtatranskej skupiny (hutianske súvrstvie) a sedimenty vonkajšieho flyšového pásma (krynická jednotka). Kvartérne sedimenty sú zastúpené predovšetkým fluvialnými štrkami s pokryvom povodňových hĺn v údoliach pohoria Čergov a deluviálnymi hlinito-kamenitými sutinami na svahoch pohoria.

#### Bradlové pásmo

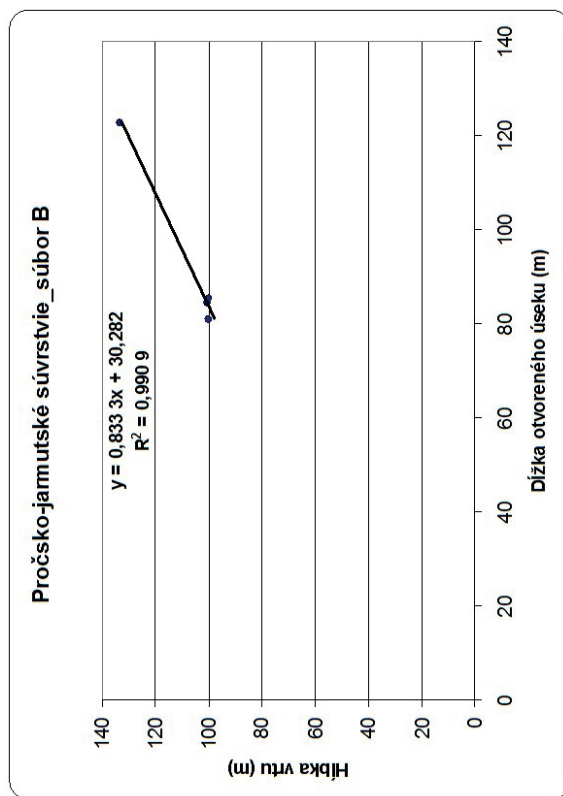
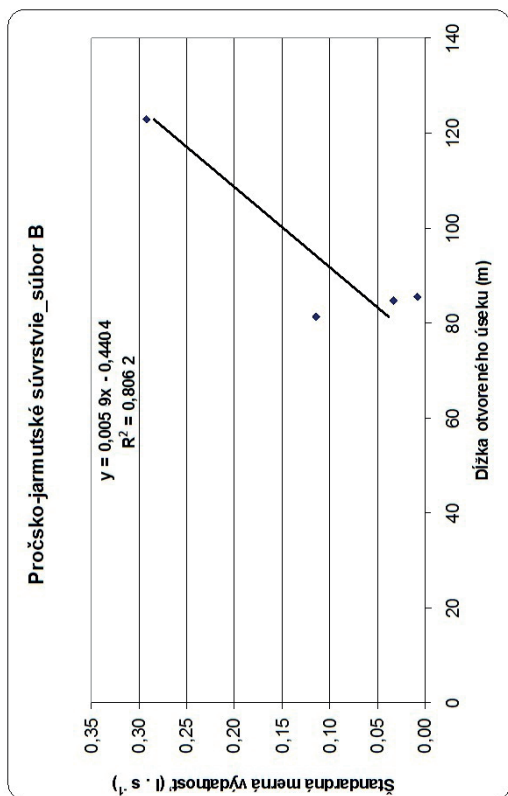
Z bradlového pásma hodnoteného územia máme k dispozícii iba údaje zo 7 hydrogeologických vrtov situovaných v pročsko-jarmutskom súvrství. Odhad priemernej hodnoty prietochnosti ďalších kolektorov bradlového pásma sa urobil analógiou a boli použité údaje o prietochnosti kolektorov bradlového pásma Lubovnianskej vrchoviny a Pienin (Jetel, 1999b).

Jurské vápence (*čorštynské a rádioláriuové vápence*) a vápence jury až kriedy (*krinoidové vápence, pieninské vápence, rogožnícké vrstvy, gregoriánske brekcie*) bradlového pásma boli hodnotené hydrochemickou metódou na 12 zostupných prameňoch pri predpokladanom odhade hrúbky zvodnenej časti pripovrchovej zóny 50 m. Vzhľadom na charakter horninového prostredia (krasovo-puklinová priepustnosť) je potrebné brať tento odhad priemernej prietochnosti iba orientačne. Podľa tejto analógie je interval očakávaných hodnôt priemernej prietochnosti  $T = 1 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape je to 4. trieda prietochnosti a 5. trieda variability (n).

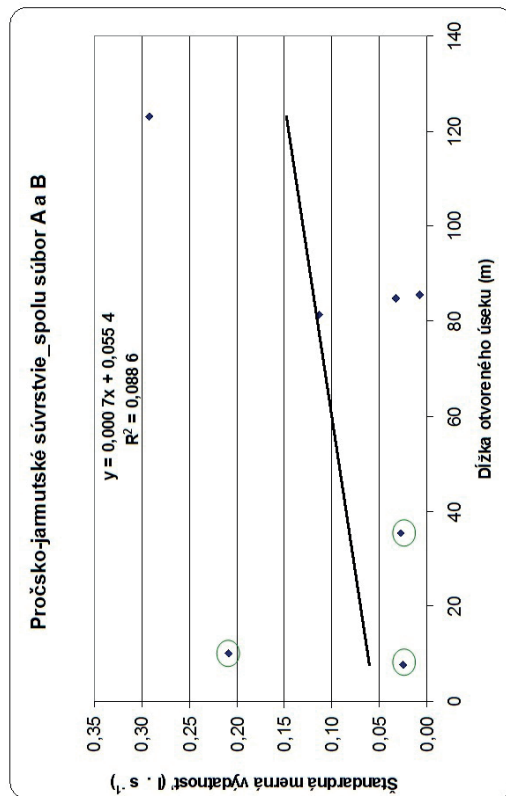
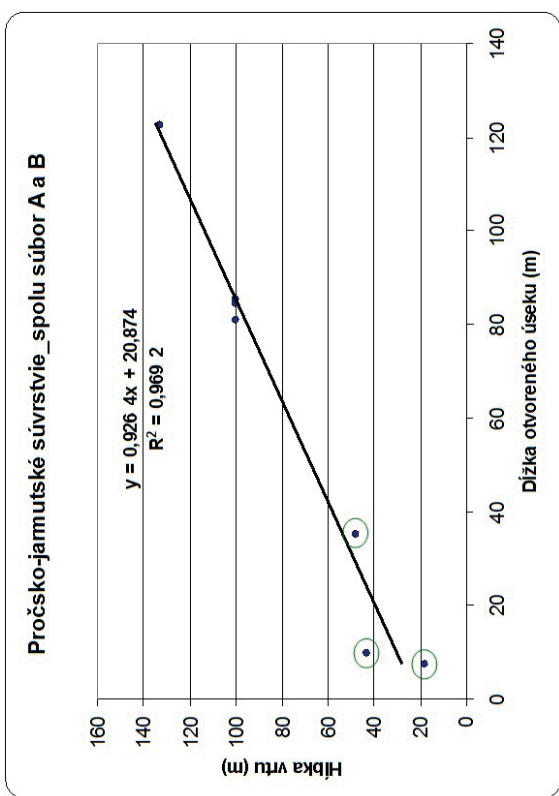
*Pestré slietovce (púchovské sliene – tehlovočervené slietovce s vložkami piesčitých vápencov)* kriedy a *pestré vrstvy (červené a sivozelené piesčité ílovce s Mn konkréciami a tenko lavicovitými pieskovicami)* pročského súvrstvia sa hodnotili hydrochemickou metódou na 11 zostupných prameňoch pri predpokladanom odhade hrúbky zvodnenej časti pripovrchovej zóny 5 – 50 m. Podľa tejto analógie je interval očakávaných hodnôt priemernej prietochnosti  $T = 1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Pri zaradení do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape sme sa priklonili k 6. triede prietochnosti a 5. triede variability (n).

*Pročsko-jarmutské súvrstvie paleogénu* bradlového pásma sa v hodnotenom území overovalo 7 hydrogeologickými vrtmi hlbokými od 18 do 133 m (tab. 5.1.1). Podľa hĺbky overovaného úseku sme vrty rozdelili na dva súbory (A a B). Súbor A reprezentuje tie vrty, ktoré overili len pripovrchovú zónu rozvolnenia hydrogeologického masívu. Súbor B obsahoval vrty, ktoré overili samotný hydrogeologický masív. V súbore A sú 3 vrty, ktoré overili pripovrchovú zónu rozvolnenia hydrogeologického masívu v hĺbkovom intervale 7,1 – 48 m. Súbor B tvorili 4 vrty, ktoré overili hydrogeologický masív v celom hĺbkovom intervale 7,0 – 133 m. Odhad koeficientu prietochnosti  $T_y$  pripovrchovej zóny hydrogeologického masívu (súbor A) dosahuje hodnotu o niečo vyššiu ako o jeden rád v porovnaní s odhadom koeficientu prietochnosti  $T_y$  hydrogeologického masívu (súbor B). V pripovrchovej zóne je hodnota rozpätia nižšia ako v hydrogeologickom masíve. Možno sledovať aj vyššie minimálne hodnoty a nižšie maximálne hodnoty indexu prietochnosti v súbore A ako v súbore B. Na obr. 5.1.1 a 5.1.2 vidieť, ako s hĺbkou hydrogeologických vrtov narastá dĺžka otvorených úsekov a ako sa táto dĺžka prejavuje na štandardnej mernej výdatnosti jednotlivých vrtov. V hydrogeologickom masíve (súbore B) vidieť tendenciu nárastu štandardnej mernej výdatnosti s narastajúcou dĺžkou otvoreného úseku a tým aj hĺbkou vrtu. V spoločnom súbore A a B táto tendencia nie je taká výrazná a s narastajúcou dĺžkou otvoreného úseku možno vidieť iba mierny nárast štandardnej mernej výdatnosti.

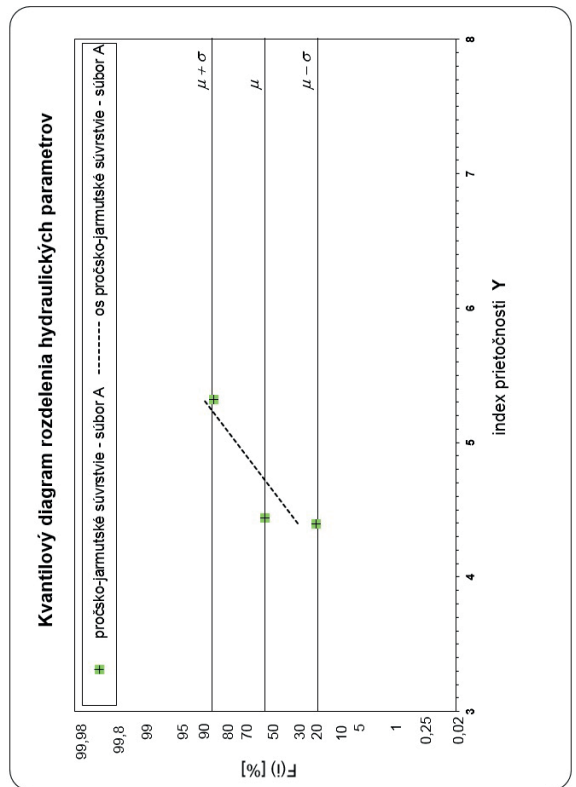
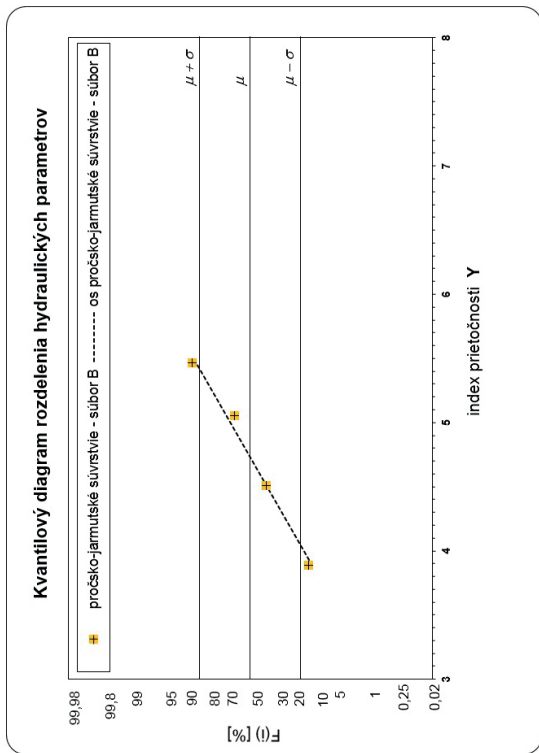
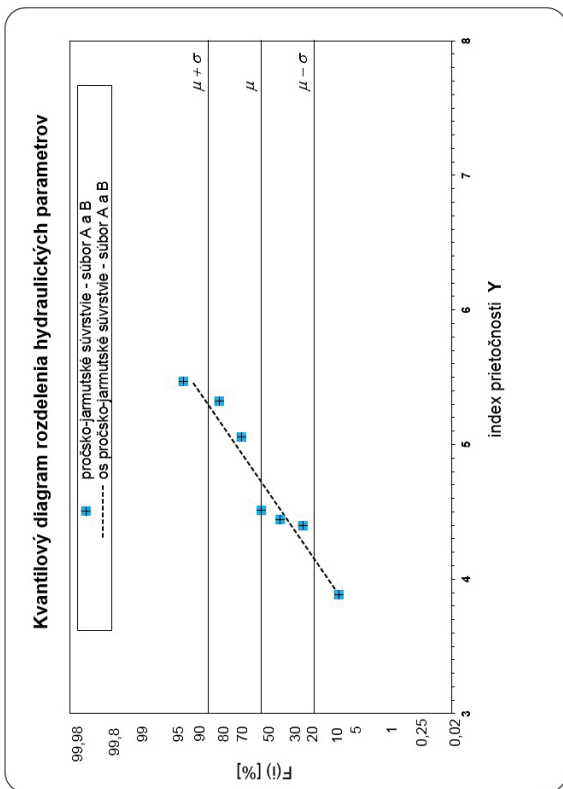
Charakterizovanie hydraulických vlastností flyšových sedimentov dokumentovalo priemerný index prietochnosti  $Y$  4,73 so smerodajnou odchýlkou  $s = \pm 0,57$  (obr. 5.1.3), čo zodpovedá  $T_y$  (odhad koeficientu prietochnosti pri  $d = 0,04$ )  $5,78 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $x \pm s$ :  $1,43 \cdot 10^{-5} - 1,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Z hľadiska zaradenia



Obr. 5.1.1. Grafy závislosti hĺbky vrtov pročsko-jarmutského súvrstvia a štandardnej mernej výtatnosti od dĺžky otvoreného úseku v súbore B (hydrogeologický masív).



Obr. 5.1.2. Grafy závislosti hĺbky vrtov pročsko-jarmutského súvrstvia a štandardnej mernej výtatnosti od dĺžky otvoreného úseku (spolu súbor A a B, body v zelených kružniciach reprezentujú vrtv v prípravnej zóne – súbor A).



Obr. 5.1.3. Charakteristiky rozdelenia hodnôt porovnávacieho hydraulického parametra – indexu prietochnosti Y pročko-jarmutského súvrstvia (súbor A, B a AB)

Tab. 5.1.1. Štatistické hodnoty indexu prietochnosti  $T$  a odhadnutých hodnôt prietochnosti  $T$  pročsko-jarmutského súvrstvia bradlového pásma.

Hydrogeologický celok	Litologické zloženie	n	Index prietochnosti $Y$										T <sub>y</sub> – odhad koef. prietochnosti [m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> ]		Zaradenie do tried podľa T <sub>y</sub> na hg. mape	
			min.	max.	x	Mld	R	d	S	x - s	x + s	x	x - s	x + s	prietochnosti	variability
Pročsko-jarmutské súvrstvie (súbor A – prípoivrchová zóna rozvoľnenia)	striedanie pieskovecov a ílovcov	3	4,40	5,32	4,72	4,44	0,92	0,34	0,52	4,19	5,24	1,13E-04	1,58E-05	1,74E-04	4	2
Pročsko-jarmutské súvrstvie (súbor B – hg. masív)	striedanie pieskovecov a ílovcov	4	3,89	5,47	4,73	4,78	1,58	-0,19	0,69	4,05	5,42	3,49E-05	1,11E-05	2,60E-04	5	3
Pročsko-jarmutské súvrstvie (spolu súbor A a B)	striedanie pieskovecov a ílovcov	7	3,89	5,47	4,73	4,51	1,58	0,04	0,57	4,15	5,30	5,78E-05	1,43E-05	1,97E-04	5	2

**Poznámka:**

Súbor A – reprezentuje hydrogeologické vrty, ktoré overili prípoivrchovú zónu rozvoľnenia hydrogeologického masívu v hĺbkovom intervale 7,1 – 48 m. V tomto súbore sa hĺbka vrtoŧ pohybovala od 18 do 48 m, pričom dĺžka otvoreného úseku bola od 7,6 do 35,4 m. Spodná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 15,5 do 48 m od povrchu terénu. Vrchná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 7,1 do 33 m od povrchu terénu.

Súbor B – reprezentuje hydrogeologické vrty, ktoré overili hydrogeologický masív v hĺbkovom intervale 7,0 – 133 m. V tomto súbore sa hĺbka vrtoŧ pohybovala od 100 do 133 m, pričom dĺžka otvoreného úseku bola od 81,30 do 123 m. Spodná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 100 do 133 m od povrchu terénu. Vrchná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 7,0 do 10 m od povrchu terénu.

Tab. 5.1.2. Štatistické hodnoty indexu priepustnosti  $Z$  a odhadnutých hodnôt prietochnosti  $k$  pročsko-jarmutského súvrstvia bradlového pásma (Jetel, 1999a).

Hydrogeologický celok	Litologické zloženie	n	Index priepustnosti $Z$										kz – odhad koeficientu filtrácie [m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> ]		Zaradenie do tried podľa kz	
			min.	max.	x	Mld	R	d	S	x - s	x + s	x	x - s	x + s	prietochnosti	variability
Pročsko-jarmutské súvrstvie	striedanie pieskovecov a ílovcov	7	1,91	3,78	2,99	3,08	1,87	0,04	0,63	2,36	3,63	1,08E-06	2,54E-07	4,63E-06	V	e

Charakteristika rozdelenia hodnôt: n – počet údajov, min, max – minimálne a maximálna hodnoty súboru, x – aritmetický priemer hodnôt súboru, Md – stredná hodnota súboru, R – rozdiel hodnôt max. a min., S – odhad smerodajnej odchýlky v súbore.



do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 5. trieda prietochnosti a 2. trieda variability, čo podľa klasifikácie Krásneho (1986) reprezentuje mierne nehomogénne horninové prostredie.

Hodnoty indexu  $Z$  skúšaných úsekov pročko-jarmutského súvrstvia sú uvedené v tab. 5.1.2. Odhad aritmetického priemeru koeficientu filtrácie  $x(k_z)$  a smerodajnej odchýlky  $s_z$  podľa Jetela (1982) zaraďuje toto súvrstvie medzi dosť slabo priepustné kolektory (trieda V) s veľmi veľkou variabilitou (podtrieda Ve).

### Paleogén podtatranskej skupiny

Sedimenty podtatranskej skupiny vystupujú v úzkom páse v jz. časti hodnoteného územia v línii Kamenica – Červená Voda – Šarišské Sokolovce. Vzhľadom na nedostatočný počet hydrogeologických vrtov, ktoré by overili tieto sedimenty, v našom území preberáme hodnoty (tab. 5.1.4) z práce Zakoviča et al. (1993) a Jetela (1999a).

*Hutianske súvrstvie* (ílovce v absolútnej prevahe nad pieskovecami, drobnorytmický flyš) bolo hodnotené na základe 6 hydrogeologických vrtov v oblasti Šarišskej vrchoviny a priemerný index prietochnosti  $Y$  mal hodnotu 4,72 so smerodajnou odchýlkou  $s_y = \pm 0,50$  (tab. 5.1.3), čo zodpovedá  $T_y$  (odhad koeficientu prietochnosti)  $7,50 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 5. trieda prietochnosti a 2. triedy variability. Podľa klasifikácie Krásneho (1986) to reprezentuje mierne nehomogénne horninové prostredie.

*Šambronské vrstvy* (polohy polymiktných zlepcov v hutianskom súvrství) boli hodnotené zo súboru 7 údajov z vrtov v severnom úseku Spišsko-šarišského medzihoria medzi Plavnicou a Kamenicou (tab. 5.1.3 a 5.1.4). Ich priemerná prietochnosť zodpovedá zhruba prietochnosti zvodnených kolektorov hutianskeho súvrstvia Šarišskej vrchoviny. Priemerný index priepustnosti  $Y$  šambronských vrstiev zhodnotených Jetelom (1999) dosahuje hodnotu 4,49 so smerodajnou odchýlkou  $s_y = \pm 0,624$  (tab. 5.1.4), čo zodpovedá  $T_y$  (odhad koeficientu prietochnosti)  $4,10 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 5. trieda prietochnosti a 3. triedy variability, čo podľa klasifikácie Krásneho (1986) reprezentuje dosť nehomogénne horninové prostredie.

Tab. 5.1.3. Charakteristiky distribúcie hodnôt indexu prietochnosti  $Y$  a odhady charakteristík koeficientu prietochnosti  $T$  v skúšaných úsekoch hutianskeho súvrstvia iných regiónov východného Slovenska.

n	R(Y)	Md(Y)	M(Y)	$s_y$	R(T)	Md(T)	G(T)	Trieda prietochnosti a variability	Oblasť	Zdroj informácie
6	4,37 – 5,23	4,70	4,72	0,50	$1,23 \cdot 10^{-4} - 1,44 \cdot 10^{-2}$	$7,67 \cdot 10^{-5}$	$7,50 \cdot 10^{-5}$	IVc	Šarišská vrchovina	Zakovič et al., 1993
7	3,80 – 5,61	4,33	4,49	0,625	$6,4 \cdot 10^{-6} - 8,1 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	IVd	Spišsko-šarišské medzihorie	Jetel, 1999

Charakteristika rozdelenia hodnôt:  $n$  – počet údajov,  $R(Y)$  – rozpätie indexu prietochnosti  $Y$ ,  $Md(Y)$ ,  $M(d)$  – medián a aritmetický priemer indexu prietochnosti  $Y$ ,  $s_y$  – smerodajná odchýlka indexu prietochnosti,  $R(T)$ ,  $G(T)$  – rozpätie a geometrický priemer odhadov koeficientu prietochnosti  $T$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Hodnoty indexu  $Z$  skúšaných úsekov obidvoch autorov sú zhrnuté v tab. 5.1.4. Odhad geometrického priemeru koeficientu filtrácie  $G(k)$  a smerodajnej odchýlky  $s_z$  podľa Jetela (1982) zaraďuje hutianske súvrstvie medzi dosť slabo priepustné kolektory (trieda V) s veľmi veľkou variabilitou (podtrieda Vc).

Tab. 5.1.4. Charakteristiky distribúcie hodnôt indexu priepustnosti  $Z$  a odhady charakteristík koeficientu filtrácie  $k$  v skúšaných úsekoch hutianskeho súvrstvia Šarišskej vrchoviny a šambronských vrstvách.

n	R(Z)	Md(Z)	M(Z)	$s_z$	R(k)	Md(k)	G(k)	Trieda priepustnosti a variability	Oblasť	Zdroj informácie
6	3,20 – 4,39	3,50	3,69	0,44	$2,26 \cdot 10^{-6} - 3,50 \cdot 10^{-5}$	$4,51 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	Vc	Šarišská vrchovina	Zakovič et al., 1993b
7	2,43 – 4,07	3,12	3,14	0,525	$4 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$	Vc	Spišsko-šarišské medzihorie	Jetel, 1999a

## Krynická jednotka

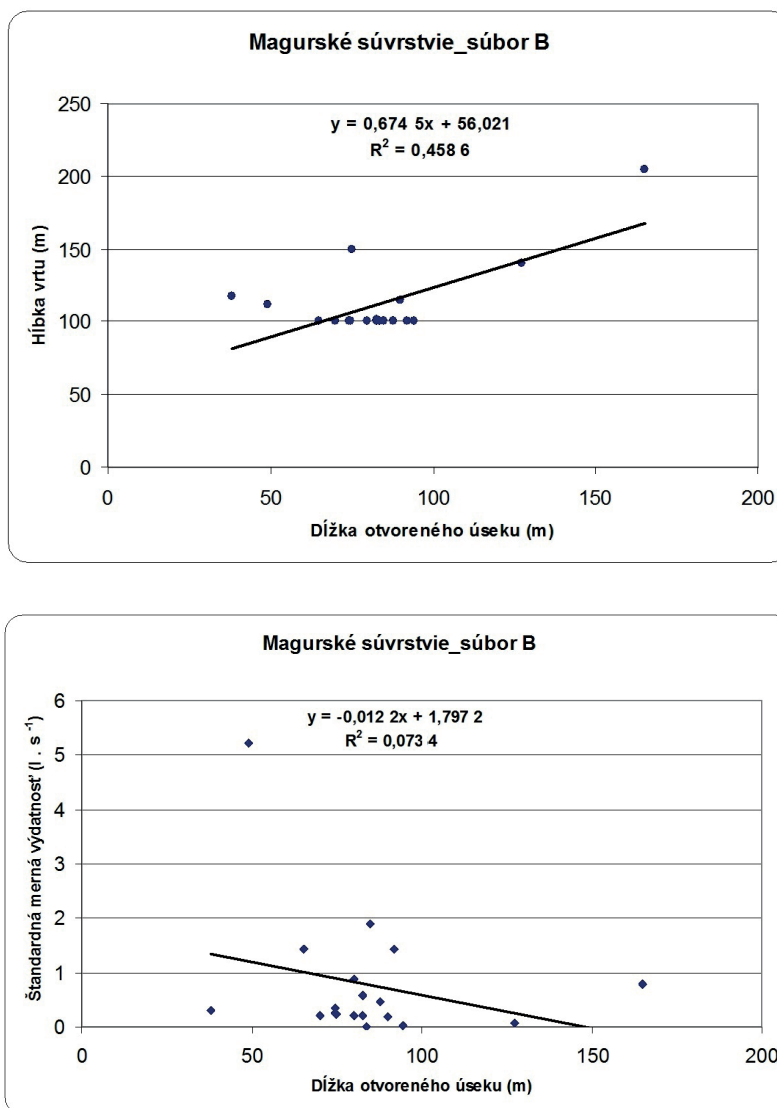
V hodnotenom území je paleogén krynickej jednotky najviac zastúpený magurským a malcovským súvrstvom, v menšej miere belovežským súvrstvom, pestrými vrstvami a globigerínovými slieňmi.

*Belovežské súvrstvie* (tenko vrstevný flyšový vývoj s miernou prevahou ílovcov nad pieskovcami), pestré vrstvy a globigerínové slieňe v našom území hydrogeologický vrt nezastihol. Pre potreby základnej hydrogeologickej mapy uvádzame údaje Jetela (1999b) z územia Ľubovnianskej vrchoviny a Pienin. Spomínaný autor uvádza z belovežského súvrstvia odhad priemernej prietochnosti  $T = 1 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a hodnotu  $s_y = n$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape je to 6. trieda prietochnosti a 5. trieda variability ( $n$ ).

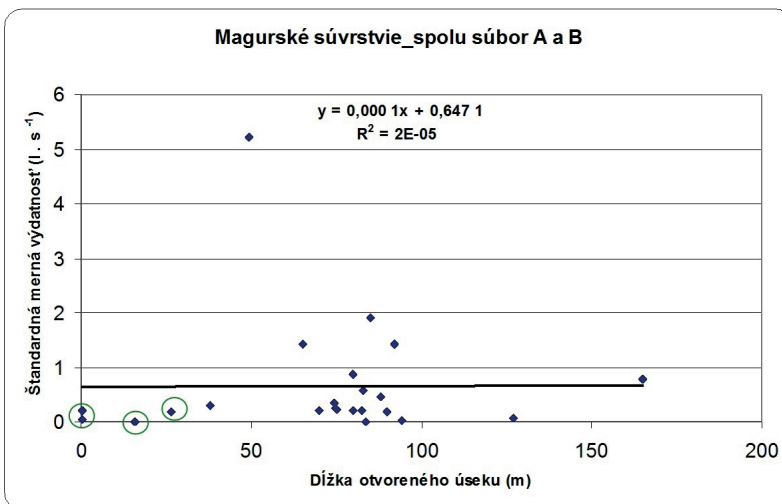
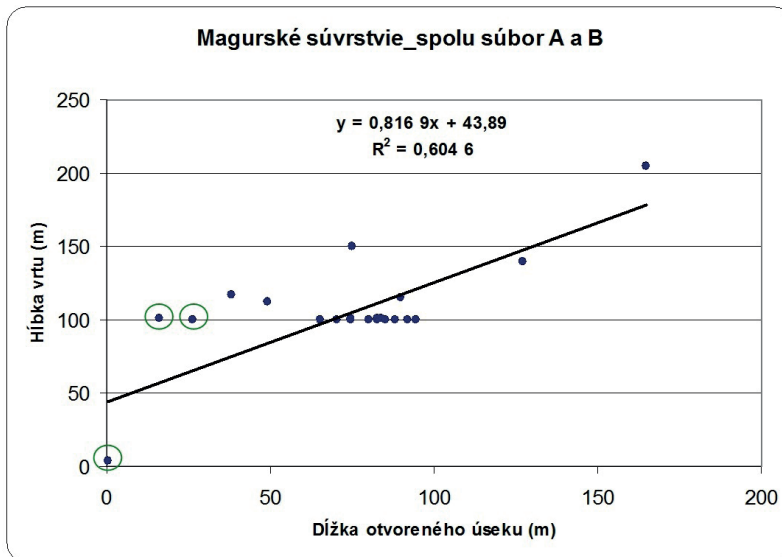
*Magurské súvrstvie* (čergovské vrstvy – hrubopsamitický flyš, zlepenec s „exotickým materiálom“) bolo overené v 23 hydrogeologických vrtoch, ktoré dosahovali hĺbku od 3,6 do 205,0 m (tab. 5.1.5). Podľa hĺbky overovaného úseku sme

z týchto vrtoch vybrali tie, ktoré overili len pripovrchovú zónu rozvoľnenia hydrogeologického masívu (súbor A) a ostatné hydrogeologický masív (súbor B). V súbore A sú 4 vrty, ktoré overili pripovrchovú zónu rozvoľnenia hydrogeologického masívu v hĺbkovom intervale 3,1 – 41 m. Súbor B tvorilo 19 vrtoch, ktoré overili hydrogeologický masív v celom hĺbkovom intervale 5,9 – 187 m. Odhad koeficientu prietochnosti  $T_y$  pripovrchovej zóny hydrogeologického masívu (súbor A) dosahuje o niečo menej ako o jeden rád nižšiu hodnotu v porovnaní s odhadom koeficientu prietochnosti  $T_y$  hydrogeologického masívu (súbor B). V pripovrchovej zóne je hodnota rozpätia nižšia ako v hydrogeologickom masíve. Možno sledovať aj vyššie minimálne hodnoty a nižšie maximálne hodnoty indexu prietochnosti v súbore A ako v súbore B. Na obr. 5.1.4 a 5.1.5 vidieť, ako s hĺbkou hydrogeologických vrtoch narastá dĺžka otvorených úsekov a ako sa táto dĺžka prejavuje na štandardnej mernej výdatnosti jednotlivých vrtoch. V hydrogeologickom masíve (súbore B) vidieť tendenciu poklesu štandardnej mernej výdatnosti s narastajúcou dĺžkou otvoreného úseku a tým aj hĺbkou vrtu. V spoločnom súbore A a B táto tendencia nie je taká výrazná a s narastajúcou dĺžkou otvoreného úseku možno vidieť mierny nárast štandardnej mernej výdatnosti.

Charakterizovanie hydraulických vlastností magurského súvrstvia (súbor A a B) dokumentovalo priemerný index prietochnosti  $Y$  5,36 so smerodajnou odchýlkou  $s = \pm 0,75$  (obr. 5.1.6), čo zodpovedá  $T_y$  (odhad koeficientu prietochnosti pri  $d = -0,02$ )  $2,17 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $x \pm s$ :  $4,02 \cdot 10^{-5} - 1,28 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 4. trieda prietochnosti a 3. trieda variability, čo podľa klasifikácie Krásneho (1986) reprezentuje značne nehomogénne horninové prostredie.



Obr. 5.1.4. Grafy závislosti hĺbky vrtoch magurského súvrstvia a štandardnej mernej výdatnosti od dĺžky otvoreného úseku v súbore B (hydrogeologický masív).



Obr. 5.1.5. Grafy závislosti hĺbky vrtov magurského súvrstvia a štandardnej merné výdatnosti od dĺžky otvoreného úseku (spolu súbor A a B, body v zelených kružniciach reprezentujú vrtv v prípravnej zóne – súbor A).

*Pestré vrstvy* sa nachádzajú vo vrchnej časti magurského súvrstvia a v našom území neboli zastihnuté hydrogeologickým vrtom. Pre potreby základnej hydrogeologickej mapy uvádzame údaje Jetela (1999b) z územia Ľubovnianskej vrchoviny a Pienin. Spomínaný autor uvádza v prípade pestrého súvrstvia odhad priemernej prietochnosti  $T = 1 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a hodnotu  $s_y = n$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape to je 6. trieda prietochnosti a 5. trieda variability ( $n$ ).

*Malcovské súvrstvie* (sivé vápnité ílovce a pieskovce) má flyšový charakter a jeho súčasťou sú aj polohy karbonátových brekcií a zlepcov. Hydraulicke parametre tohto súvrstvia v našom území neboli hodnotené, pretože ich neoveril žiaden hydrogeologický vrt. Podľa analógie bol k tomuto súvrstviu priradený odhad koeficientu prietochnosti  $T = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  s neznámou hodnotou variability. Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape je to 5. trieda prietochnosti a 5. trieda variability ( $n$ ). Tieto hodnoty boli priradené aj k sedimentom menilitového súvrstvia a raciborským vrstvám.

## Kvartér

Kvartérne sedimenty v hodnotenom území majú z pohľadu prietochnosti významné postavenie. Jednotlivé genetické skupiny majú nielen odlišné regionálne rozšírenie a litologické zastúpenie, ale sú rozdielne aj z pohľadu zvodnenia. Najlepšie prostredie na infiltráciu a akumuláciu podzemnej vody vytvárajú fluvialne sedimenty uložené v údolí Popradu, Tople, Slatviny a Lutinky.

Fluvialne sedimenty *Popradu* majú v úseku Čirč – Andrejovka hrúbku od 0,7 do 7,5 m. Hydraulicke vlastnosti týchto sedimentov boli charakterizované podľa údajov Olekšáka in Pramuka et al. (2004). Z náplavov Popradu v úseku Andrejovka – Starina bola stanovená hodnota prietochnosti  $T = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  s neznámou hodnotou variability. Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 1. trieda prietochnosti a 5. trieda variability ( $n$ ).

Fluvialne sedimenty *Tople* majú v Lukove hrúbku 8,5 m a medzi Lukovom a Livovom sa ich hrúbka pohybuje od 5,5 do 7,5 m. V úseku medzi Livovom a Livovskou Hutou dosahujú hrúbku od 3,4 do 4,5 m. Nad Livovskou Hutou je ich hrúbka menšia ako 2,5 m. Hydraulicke vlastnosti týchto sedimentov boli charakterizované na základe vyhodnotenia 3 hydrogeologických vrtov. Vyhodnotenie zdokumentovalo priemerný index prietochnosti  $Y_{6,32}$  so smerodajnou odchýlkou  $s = \pm 0,02$  (obr. 5.1.7 a tab. 5.1.6), čo zodpovedá  $T_y$  (odhad koeficientu prietochnosti pri  $d = 0,15$ )  $2,98 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $x + s: 2,01 \cdot 10^{-3} - 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 2. trieda prietochnosti a 1. trieda variability, čo podľa klasifikácie Krásneho (1986) reprezentuje homogénne horninové prostredie.

Fluviálne sedimenty *Slatviny* majú nad obcou Kružlov hrúbku 6,6 m a medzi Kružlovom a Bogliarkou sa ich hrúbka pohybuje od 4,4 do 9,5 m. V úseku Bogliarka – Kríže sa ich hrúbka pohybuje okolo 6,8 m a nad obcou Kríže už len 4,0 m. Hydraulické vlastnosti týchto sedimentov boli charakterizované na základe vyhodnotenia 4 hydrogeologických vrstev. Vyhodnotenie zdokumentovalo priemerný index prietochnosti  $Y$  5,90 so smerodajnou odchýlkou  $s = \pm 0,39$  (obr. 5.1.7 a tab. 5.1.6), čo zodpovedá  $T_y$  (odhad koeficientu prietochnosti pri  $d = -0,28$ )  $4,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $x \pm s$ :  $3,28 \cdot 10^{-4} - 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 3. trieda prietochnosti a 3. trieda variability. Podľa klasifikácie Krásneho (1986) to reprezentuje mierne nehomogénne horninové prostredie.

Fluviálne sedimenty *Lutinky* majú v Lutine hrúbku od 6 do 8,5 m a medzi Lutinou a Olejníkovom sa ich hrúbka pohybuje okolo 6 m. Pod miestnou časťou Majdan (obec Olejníkov) dosahujú hrúbku 8 m. Hydraulické vlastnosti týchto sedimentov boli charakterizované na základe vyhodnotenia 3 hydrogeologických vrstev. Vyhodnotenie zdokumentovalo priemerný index prietochnosti  $Y$  6,34 so smerodajnou odchýlkou  $s = \pm 0,05$  (obr. 5.1.8 a tab. 5.1.6), čo zodpovedá  $T_y$  (odhad koeficientu prietochnosti pri  $d = 0,05$ )  $2,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $x + s$ :  $1,98 \cdot 10^{-3} - 2,47 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T_y$  na hydrogeologickej mape je to 2. trieda prietochnosti a 1. trieda variability. Podľa klasifikácie Krásneho (1986) to reprezentuje homogénne horninové prostredie.

*Fluviálne sedimenty terás Popradu* sú tvorené piesčitými štrkami nižších stredných terás a v oblasti Čirč – Andrejovka dosahujú hrúbku od 1,6 do 7,5 m. Podľa analógie bola k týmto sedimentom priradená hodnota koeficientu prietochnosti  $7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape je to 3. trieda prietochnosti a 5. trieda variability (n).

Malé priestorové rozšírenie majú *proluviálne sedimenty*, uložené vo forme náplavových kužeľov pri ústí bočných dolín do hlavného toku. Ich materiál je málo vytriedený, zložený zo zahlienených štrkopiesčitých sedimentov. Podľa analógie bol k týmto sedimentom priradený odhadnutý koeficient prietochnosti  $T = 7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape je to 5. trieda prietochnosti a 5. trieda variability (n).

*Deluviálne sedimenty* majú v krynickej jednotke charakter hlinitých (v podloží ílovcové súvrstvia) a hlinito-kamenitých sutín (v podloží ílovcovo-pieskovcové súvrstvia). V bradlovom pásme dosahujú deluviálne sedimenty najväčšiu hrúbku v depresiách, ktoré sú vyplnené žltohnedými až hrdzavohnedými hlinami s rôznym podielom piesčitej a kamenitej zložky. Podľa analógie bol k tomuto súvrstviu priradený odhadnutý koeficient prietochnosti  $T = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Z hľadiska zaradenia do tried podľa  $T$  na hydrogeologickej mape je to 6. trieda prietochnosti a 5. trieda variability (n).

Súhrn hydraulických parametrov jednotlivých hydrogeologických celkov poskytuje prehľad hydrogeologických charakteristík hornín zobrazených na základnej hydrogeologickej mape pohoria Čergov (tab. 5.1.7).

Tab. 5.1.5. Štatistické hodnoty indexu prietochnosti  $Y$  a odhadnutých hodnôt prietochnosti  $T$  v magurskom súvrství.

Hydrogeologický celok	Litologické zloženie	n	Index prietochnosti $Y$										$T_y$ – odhad koef. prietochnosti [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]			Zaradenie do tried podľa $T_y$ na hg. mape	
			min.	max.	x	Md	R	d	S	x - s	x + s	x	x - s	x + s	Trieda		
															prietochnosti	variability	
Magurské súvrstvie (súbor A/pripovrchová zóna – do 41 m)	striedanie pieskovcov a ílovcov	4	3,86	5,3	4,78	4,98	1,44	-0,18	0,67	4,11	5,45	3,96E-05	1,28E-05	2,84E-04	5	3	
Magurské súvrstvie (súbor B/hg. masív)	striedanie pieskovcov a ílovcov	19	3,65	6,71	5,48	5,47	3,06	0,01	0,73	4,75	6,20	3,10E-04	5,64E-05	1,59E-03	3	3	
Magurské súvrstvie (spolu súbor A a súbor B)	striedanie pieskovcov a ílovcov	23	3,65	6,71	5,36	5,36	3,06	-0,02	0,75	4,60	6,11	2,17E-04	4,02E-05	1,28E-03	4	3	

**Poznámka:**

*Súbor A* – reprezentuje hydrogeologické vrty, ktoré overili pripovrchovú zónu rozvoľnenia hydrogeologického masívu v hĺbkovom intervale 3,1 – 41 m. V tomto súbore sa hĺbka vrtovej pohybovala od 3,6 do 100,5 m, pričom dĺžka otvoreného úseku bola od 0,5 do 26,40 m. Spodná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 3,6 do 41 m od povrchu terénu. Vrečná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 3,1 do 3,6 m od povrchu terénu.

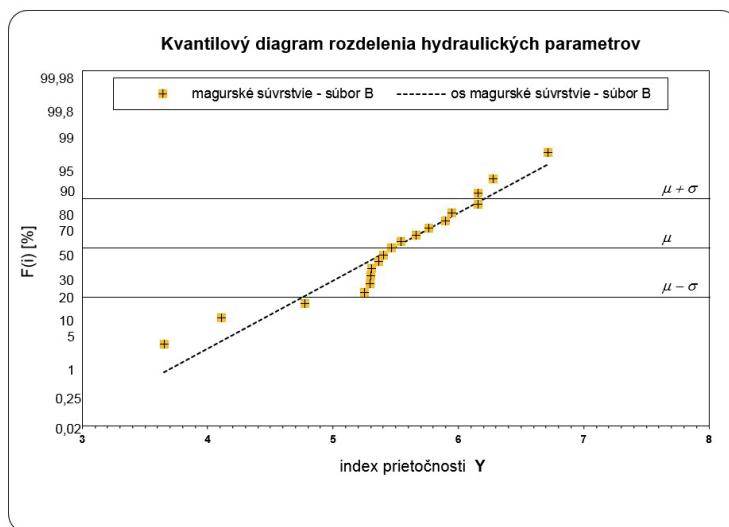
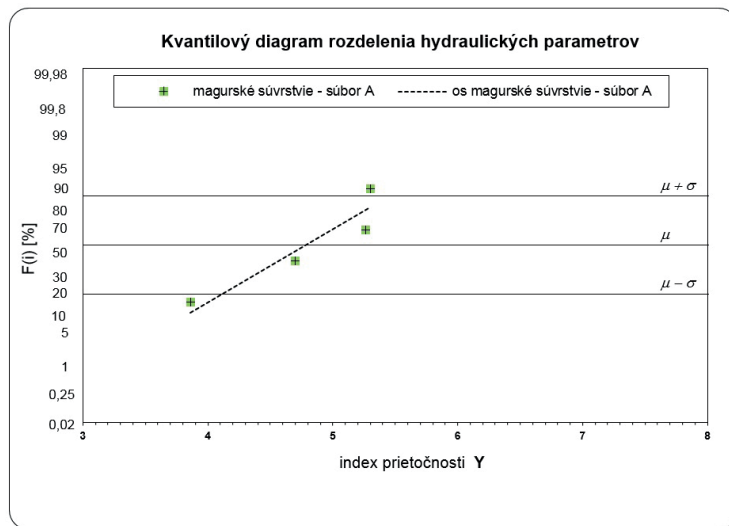
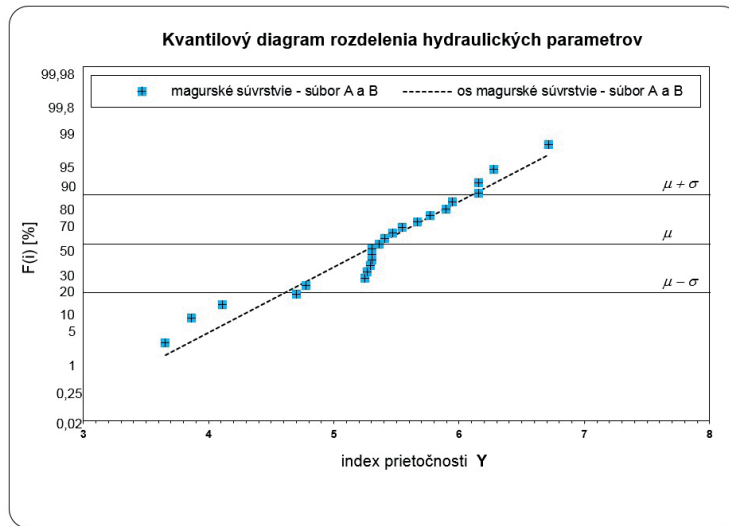
*Súbor B* – reprezentuje hydrogeologické vrty, ktoré overili hydrogeologický masív v hĺbkovom intervale 5,9 – 187 m. V tomto súbore sa hĺbka vrtovej pohybovala od 100 do 205 m, pričom dĺžka otvoreného úseku bola od 38,1 do 165 m. Spodná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 75 do 187 m od povrchu terénu. Vrečná časť otvorených úsekov sa nachádzala v hĺbke od 5,9 do 20 m od povrchu terénu.

Tab. 5.1.6. Štatistické hodnoty indexu prietochnosti  $Y$  a odhadnutých hodnôt prietochnosti  $T$  fluviaálnych sedimentov.

Hydrogeologický celok	Litologické zloženie	n	Index prietochnosti $Y$										$T_y$ – odhad koef. prietochnosti [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]			Zaradenie do tried podľa $T_y$ na hg. mape	
			min.	max.	x	Md	R	d	S	x - s	x + s	x	x - s	x + s	Trieda		
															prietochnosti	variability	
Fluviaálne sedimenty Tople	piesčité štrky	3	6,3	6,34	6,32	6,33	0,04	0,15	0,02	6,30	6,34	2,98E-03	2,01E-03	2,21E-03	2	1	
Fluviaálne sedimenty Slatviny	piesčité štrky	4	5,54	6,41	5,90	5,83	0,87	-0,28	0,39	5,52	6,29	4,16E-04	3,28E-04	1,95E-03	3	3	
Fluviaálne sedimenty Ľutinky	piesčité štrky	3	6,3	6,4	6,34	6,34	0,1	0,05	0,05	6,30	6,39	2,45E-03	1,98E-03	2,47E-03	2	1	

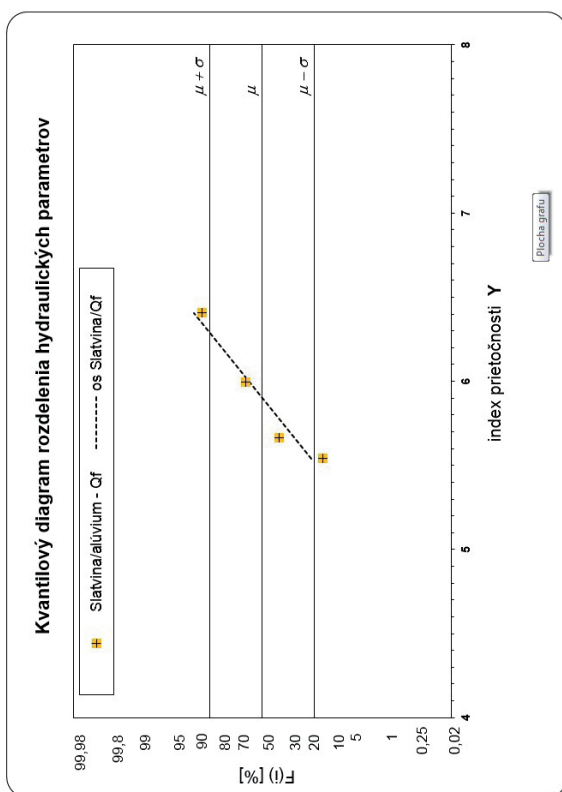
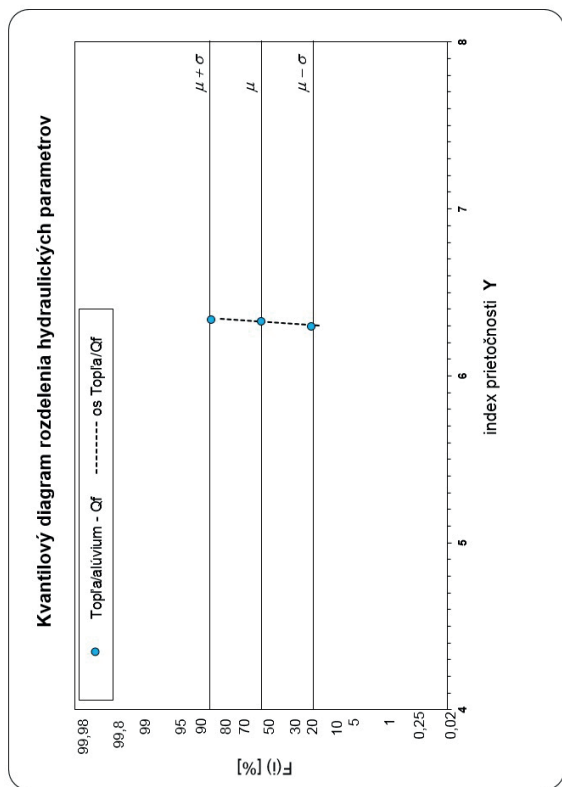
Tab. 5.1.7. Prehľad hydraulických parametrov jednotlivých hydrogeologických celkov zobrazených na hydrogeologickej mape pohoria Čergov 1 : 50 000.

HG index	Opis	Typ priepustnosti	Hydrogeologická funkcia	T (m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> )	T_VAR	Poznámka
fQ	fluviálne sedimenty: piesčité a hlinité štrky (pleistocén – holocén) v nivách riek a potokov, spravidla s polohami pieskov a prekryté hlinami a povodňovými kalmi	medzizrnová	kolektor	a) 1,10E-02	a) n	a) náplavy Popradu od Andrejovky po Starinu
				b) 2,98E-03	b) 0,02	b) náplavy Tople od Lukova po Livov
				c) 2,45E-03	c) 0,05	c) náplavy Ľutinky od Ľutiny po Majdan
				d) 4,16E-04	d) 0,39	d) náplavy Slatviny od Kružlova po Bogliarku (kaplnka na Holici)
				e) 7,00E-04	e) n	e) alúviá ďalších tokov a horných častí Tople a Ľutinky
pQ	proluviálne sedimenty: hlinité a piesčité štrky (pleistocén – holocén)	medzizrnová	kolektor	7,00E-05	n	
dQ	deluviálne hlinité, hlinito-kamenité a kamenité sedimenty	medzizrnová	kolektor	2,00E-05	n	
tQ	fluviálne sedimenty: piesčité štrky a štrky nižších stredných terás (pleistocén)	medzizrnová	kolektor	7,00E-04	n	
Pg <sup>M</sup>	malcovské súvrstvie (mladší eocén – starší oligocén): sivé vápniaté ílovce a pieskovce, mikrokonglomeráty; menilitové súvrstvie, raciborské súvrstvie – račovské vrstvy	puklinová	kolektor	7,00E-05	n	
Pg <sup>PS</sup>	pestré vrstvy a globigerínové sliene (stredný a mladší eocén): ílovce, tenkolavicovité pieskovce	puklinová	regionálny izolátor	2,00E-05	n	
Pg <sup>MS</sup>	magurské súvrstvie (stredný eocén): čergovské vrstvy – hrubopsamitický flyš, zlepenca s „exotickým materiálom“	puklinová	kolektor	2,17E-04	0,75	
Pg <sup>B</sup>	belovežské súvrstvie (starší eocén): tenko vrstevný flyšový vývoj s miernou prevahou ílovcov nad pieskovicami	puklinová	regionálny izolátor	2,00E-05	n	
iPg <sup>H</sup>	hutianske súvrstvie: ílovce v absolútnej prevaha nad pieskovicami, drobnorytmický flyš	puklinová	kolektor	7,50E-05	0,5	
zPg <sup>H</sup>	hutianske súvrstvie: polohy polymiktných zlepcov	puklinová	kolektor	4,10E-05	0,63	
KPg <sup>P</sup>	pročské súvrstvie: polymiktné konglomeráty a zlepenca	puklinová	kolektor	5,78E-05	0,57	
KPg <sup>PJ</sup>	pročsko-jarmutské súvrstvie: karbonátový flyš	puklinová	kolektor	5,78E-05	0,57	
KPg <sup>PS</sup>	pestré vrstvy v pročskom súvrství a púchovské súvrstvie: ílovce, tenkolavicovité pieskovce	puklinová	regionálny izolátor	2,00E-05	n	
JK <sup>KG</sup>	gregoriánske brekcie (cenoman – paleocén): karbonátové brekcie a zlepenca; rogožnické vrstvy (titón – berias): vápence, brekcie; pieninské vápence (titón – barém): béžové a biele vápence s rohovcami, ílovce; krinoidové vápence (bajok – bat)	krasovo-puklinová	kolektor	2,00E-04	n	
J <sup>CS</sup>	čorštynské a rádioláriuové vápence (kelovej – kimeridž)	krasovo-puklinová	kolektor	2,00E-04	n	

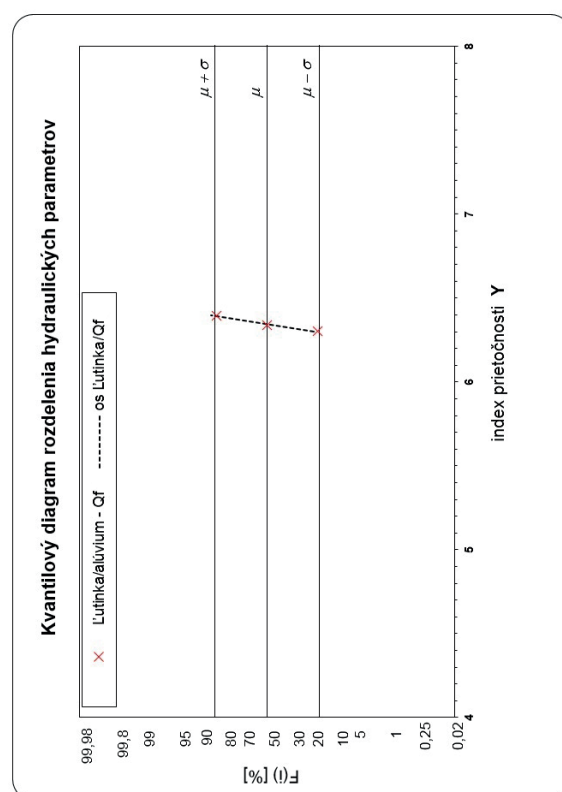
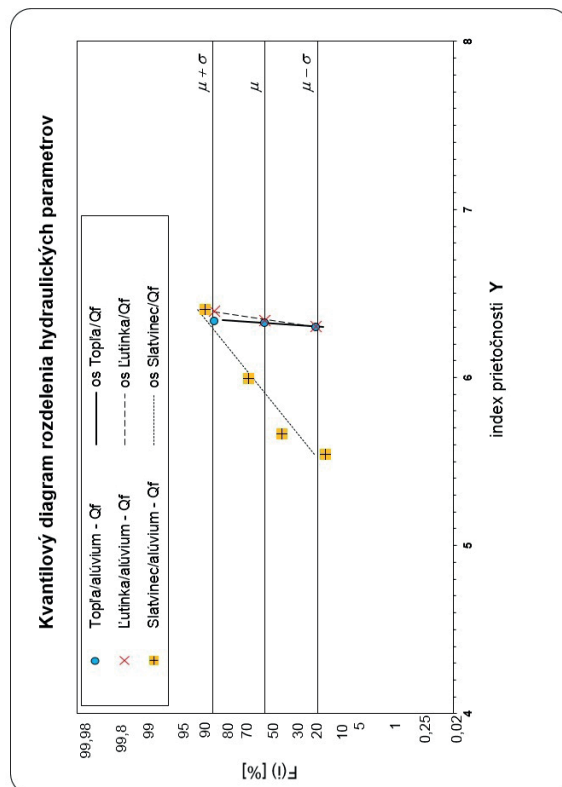


Obr. 5.1.6. Charakteristiky rozdelenia hodnôt porovnávacieho hydraulického parametra – indexu prietochnosti  $Y$  – v magurskom súvrství (súbor A, B a AB).

Obr. 5.1.7. Charakteristiky rozdelenia hodnôt porovnávacieho hydraulického parametra – indexu prietočnosti Y – fluviálnych sedimentov Tople a Slatviny.



Obr. 5.1.8. Charakteristiky rozdelenia hodnôt porovnávacieho hydraulického parametra – indexu prietočnosti Y – fluviálnych sedimentov Lutinka a ich porovnanie s indexom prietočnosti Y fluviálnych sedimentov Tople a Slatvinca.





## 5.2. OBEH A REŽIM PODZEMNEJ VODY

Čergov ako morfológický celok predstavuje masív flyšových hornín, výrazne vyzdvihnutý nad svoje okolie. Tento fakt vylučuje skryté prestupy podzemnej vody zo susedných celkov skoro do celej skúmanej oblasti. Za jediný významný zdroj tvorby podzemnej vody treba považovať atmosférické zrážky. Zo zrážok menšia časť infiltruje do horninového masívu, väčšia časť vytvára povrchový odtok. Množstvo infiltrovaných zrážok závisí od hydraulických vlastností jednotlivých litologických typov hornín a ich zvetranín a klimatických a morfológických faktorov. Najvýznamnejšie sú infiltrované zrážky vo vyššie položených častiach územia. Je tu jednak vyšší úhrn zrážok a nižší výpar, jednak tenší a lepšie priepustný piesčité až hruboklastický zvetraninový pokryv. Dôležitým činiteľom, ktorý ovplyvňuje celkový obeh podzemnej vody a hlavné smery jej prúdenia, je priebeh hlavných rozvodníc medzi povodiami Tople, Popradu a Torysy. Z celkového počtu zdokumentovaných prameňov ( $n = 1\ 620$ ) bolo v oblasti bradlového pásma zdokumentovaných 229 a v oblasti flyšového pásma 1 391 prameňov. Z tohto počtu bola prevažná väčšina prameňov sutinových (63 %), puklinovo-vrstvových (20 %) a puklinových (10 %). Menej boli zastúpené sutinovo-puklinové (4,5 %), vrstvové (1,44 %), bariérové (0,75%) a puklinovo-bariérové pramene (0,31 %).

### Bradlové pásmo

Režim a obeh podzemnej vody v bradlovom pásme ovplyvňujú atmosférické zrážky, hlavne jarne topenie snehu. V suchých obdobiach (koniec leta, jeseň) výdatnosť prameňov výrazne klesá, viaceré aj vysychajú. Dôležitú úlohu zohráva aj zlomová tektonika umožňujúca drénovanie väčšieho množstva podzemnej vody.

Celkovo sme na území bradlového pásma s rozlohou 54 km<sup>2</sup>, nachádzajúceho sa na území hodnoteného regiónu, zaznamenali 229 prameňov. Tento súbor prameňov predstavujú pramene zdokumentované vlastnými mapovacími hydrogeologickými prácami v rámci zostavovania základnej hydrogeologickej mapy regiónu – 196 prameňov (86 % z celkového počtu prameňov v bradlovom pásme), mapovacími prácami pri odbere vzoriek podzemnej vody v rámci tej istej úlohy pre potreby zostavovania hydrogeochemickej mapy – 5 prameňov (2 % z celkového počtu), zmapované pramene pri odbere vzoriek podzemnej vody v rámci zostavovania *Geochemického atlasu SR* (Rapant et al., 1996) – 17 vzoriek (7 % z celkového počtu) a doplnené boli aj údaje z predchádzajúcich starších mapovacích prác (Bajo et al., 1984) – 11 prameňov (2 % z celkového počtu).

Na základe geologickej pozície zdokumentovaných prameňov v tejto oblasti sme pristúpili k bližšiemu rozčleneniu prameňov na 4 skupiny (tab. 5.2.1):

- pramene v oblasti výskytu vápencov bradiel a na ich kontakte so sedimentárnym obalom,
- pramene obalu bradlového pásma,
- pramene vystupujúce na kontakte obalu bradlového pásma s krynickou jednotkou,
- pramene vystupujúce na kontakte obalu bradlového pásma s hutianskym súvrstvom.

Tab. 5.2.1. Rozdelenie prameňov bradlového pásma na 4 skupiny podľa ich geologickej pozície.

	Súbor	n	Q [l · s <sup>-1</sup> ]				T <sub>vody</sub> [°C]				MEV [ $\mu$ S · cm <sup>-1</sup> ]			
			min.	max.	Md	M	min.	max.	Md	M	min.	max.	Md	M
Bradlové vápence	A	8	0,01	2,00	0,02	0,31	8,2	13,7	10,8	10,6	338	668	440	399
	B	6	0,01	0,10	0,02	0,03	8,9	13,7	11,0	11,2	388	668	451	476
Obal bradlového pásma	A	191	0,01	2,00	0,04	0,08	6,8	20,5	10,1	10,2	224	765	499	476
	B	186	0,01	0,89	0,04	0,06	7,2	20,5	10,2	10,3	224	765	503	478
Kontakt obalu bradlového pásma s krynickou jednotkou	A	27	0,01	1,00	0,06	0,12	7,2	16,2	9,8	10,0	297	670	394	393
	B	26	0,01	0,70	0,06	0,09	7,2	16,2	9,8	10,0	297	670	394	386
Kontakt obalu bradlového pásma s hutianskym súv.	A	12	0,01	0,30	0,06	0,09	8,5	13,4	10,6	10,9	337	869	614	556
	B	7	0,01	0,07	0,03	0,03	8,5	13,4	11,5	11,4	551	869	623	666

**Vysvetlivky:** súbor A = súbor zdokumentovaných prameňov Baja et al. (1984), Rapanta et al. (1996) a prameňov zdokumentovaných v rámci úlohy (podľa mapovania Olekšáka a Cicmanovej); súbor B = súbor zdokumentovaných prameňov Rapanta et al. (1996) a prameňov zdokumentovaných v rámci úlohy (podľa mapovania Olekšáka a Cicmanovej); n = počet údajov; Q = výdatnosť prameňov; T<sub>vody</sub> = teplota vody; MEV = merná elektrická vodivosť vody; min. = minimum; max. = maximum; Md = medián; M = aritmetický priemer.

Pri základnom štatistickom spracovaní údajov bolo zrejmé, že zdokumentované hodnoty výdatnosti prameňov hydrogeologického mapovania Baja et al. (1984) sú výrazne vyššie ako naše údaje a údaje Rapanta et al. (1996). Kým zdokumentovaná jednorazová výdatnosť Baja et al. (1984) dosahovala v priemere niekoľko desiatín  $l \cdot s^{-1}$ , naša zistená výdatnosť a výdatnosť Rapanta et al. (1996) dosahovala v priemere niekoľko desiatín  $l \cdot s^{-1}$ . Preto sme pri základnom štatistickom spracovaní jednotlivých skupín prameňov v bradlovom pásme vždy okrem spoločného hodnotenia všetkých prameňov danej skupiny (súbor A, tab. 5.2.1) vyhodnotili aj parametre bez údajov z dokumentácie Baja et al. (súbor B, tab. 5.2.1). Takéto oddelenie údajov Baja et al. (1984) od zvyšných údajov v rámci skupín sa pri štatistickom hodnotení prejavilo ako priaznivé predovšetkým pri menej početných súboroch, kde existencia údajov Baja et al. (1984) spôsobovala nadhodnocovanie priemerných hodnôt, hlavne aritmetického priemeru. Takým príkladom je skupina prameňov z bradlových vápencov (tab. 5.2.1). Kým mediánové hodnoty výdatnosti súborov A (8 údajov) a B (6 údajov) sú  $0,02 l \cdot s^{-1}$ , v prípade aritmetických priemerov 2 extrémne najvyššie hodnoty výdatnosti prameňov z dokumentácie Baja et al. (1984) spôsobili výrazné rozdiely. V spoločnom súbore A je aritmetický priemer  $M = 0,31 l \cdot s^{-1}$ , v súbore B je aritmetický priemer hodnôt výdatnosti už len  $M = 0,03 l \cdot s^{-1}$ , blízky mediánovej hodnote. Preto pri štatistickom hodnotení vyčlenených 4 skupín prameňov bradlového pásma vychádzame zo štatistík stanovených na skupinách bez údajov hydrogeologického mapovania Baja et al. (1984) (súbory B, tab. 5.2.1).

### ***Pramene v oblasti výskytu vápencov bradiel a na kontakte vápencov bradiel s priľahlým sedimentárnym obalom***

Malá plošná rozloha jurských a spodnokriedových vápencov a ich vzájomná izolácia a uzavretosť v menej priepustných horninách neumožňujú väčšiu infiltráciu a akumuláciu podzemnej vody. Obeh podzemnej vody je plytký, obmedzený a zväčša sústredený len na vlastné telesá vápencov (bradiel). Podzemná voda vystupuje vo forme prameňov v rozpukaných a zárodočne skrasovatených vápencoch na ich kontakte s polohami menej priepustných bridlic, ale aj na styku vápencov s menej priepustnými kriedovými až paleogénnymi horninami, ktoré bradlá obalujú. Možno tu teda hovoriť o relatívne obmedzenom puklinovo-krasovom a puklinovom režime podzemnej vody vo vlastných bradlách.

Zastúpené sú vrstvové, bariérové aj sutinové pramene s priemernou výdatnosťou  $0,02 l \cdot s^{-1}$ , priemernou teplotou vody  $11,0 \text{ } ^\circ\text{C}$  a priemernou vodivosťou  $451 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (tab. 5.2.1, súbor B, mediánové hodnoty). Celkový počet zmapovaných prameňov z tohto horninového prostredia je 8. Z tejto oblasti nevidujeme žiadne vodárensky využívané pramene. Len niektoré pramene bývajú upravené a využívané turisticky (pramene číslo 271 v Milpoši, 665 v Jakovanoch). SHMÚ ani Bajo et al. (1984) tu režimovo nesledovali výdatnosť žiadneho prameňa.

### ***Pramene obalu bradlového pásma***

Ide o najpočetnejšiu skupinu prameňov zmapovanú v oblasti bradlového pásma (191 prameňov). Strednokriedové až paleogénne sedimenty reprezentujú hlavne sedimenty karbonátového flyšu (karbonatické až kremenno-karbonatické pieskovce až piesčité vápence striedajúce sa s vápnitými ílovcami). Striedanie slieňov, ílovcov a pieskovcov nevytvára až také priaznivé podmienky na obeh a významnejšiu akumuláciu podzemnej vody. Významnejšie sú súvrstvia pieskovcov alebo zlepencov, kde sa uplatňuje vlastný puklinový režim podzemnej vody.

Až 75 % prameňov (144 prameňov) tejto skupiny vyviera z prostredia litologicky rozmanitého pročského súvrstvia, ktoré je zastúpené karbonátovým flyšom: karbonátové pieskovce, zlepence, striedanie slieňovcov, vápnitých pieskovcov až piesčitých vápencov. Podielom 14 % prameňov z celkového počtu (26 prameňov) sú zastúpené vývery z jarmutského súvrstvia (pieskovce, siltovce, vápnité ílovce a sliene) a púchovského súvrstvia (sliene a slieňovce s polohami vápnitých pieskovcov a piesčitých vápencov). Najčastejšie ide o vrstvové, puklinové či sutinovo-vrstvové a sutinovo-puklinové a sutinové pramene. Zastúpené sú aj zlomové pramene (5 %, 9 prameňov) vyvierajúce v rámci obalu bradlového pásma na tektonickom ohraničení jednotlivých súvrství.

Priemerná výdatnosť prameňov tohto celku podľa tab. 5.2.1 (súbor B, mediánové hodnoty) je  $0,04 l \cdot s^{-1}$ , priemerná teplota vody je  $10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$  a priemerná vodivosť je  $503 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Štatistické hodnotenie maximálnej výdatnosti a od toho sa odvíjajúce aj hodnotenie priemernej výdatnosti prameňov je, žiaľ, podhodnotené vzhľadom na fakt, že skupina najvýdatnejších prameňov, vyvierajúcich dominantne

z karbonátového flyšu pročského súvrstvia, je zachytená a využíva sa na hromadné zásobovanie obyvateľov a nie vždy sme mali možnosť stanoviť výdatnosť zachytených prameňov. Často sme parametre merali na prepadoch zo záchytoch, alebo ak boli prepady na záchytoch suché, výdatnosť ani ostatné charakteristiky neboli zdokumentované. Takým prípadom sú pramene zachytené pre obce Milpoš (pramene č. 325, 363, 369), Šarišské Sokolovce (pramene č. 1 124, 1 158), Jakubovany (prameň č. 1 017) a Kamenica (prameň č. 169), kde nám nebolo umožnené zdokumentovať výdatnosť zachytených prameňov. V údolí potoka Drienica sú pre rekreačné strediská zachytené a využívajú sa pramene číslo 857, 842 a 840, na ktorých sme zdokumentovali výdatnosť  $0,53 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (číslo 857 v dokumentácii prameňov, spoločná výdatnosť 3 zachytených prameňov do jednej pramennej záchytky),  $0,24 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (prameň č. 842) a  $0,07 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (prameň č. 840). Najvyššiu výdatnosť sme zdokumentovali v pramennej záchyte pre obec Šarišské Jastrabie (prameň č. 14). Išlo o zachytenie dvoch prameňov so sumárnou výdatnosťou  $0,89 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $0,83 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a  $0,06 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Charakteristiky zdokumentovaných zachytených prameňov v obale bradlového pásma sú v tab. 5.2.2.

V obale bradlového pásma (presnejšie v karbonátovom flyši pročského súvrstvia) evidujeme 2 režimovo pozorované pramene. SHMÚ v Jakubovanoch od r. 1990 režimovo sleduje výdatnosť využívaného prameňa Švabľova voda (prameň č. 1 017). Druhý prameň v rokoch 1981 – 1983 režimovo pozorovali Bajo et al. (1984) v Milpoši (prameň č. 369). Údaje o pozorovanej výdatnosti a teplote vody sú v prílohe 2.

V sedimentoch pročského súvrstvia boli v rámci celého hodnoteného úseku bradlového pásma zdokumentované aj 3 výskyty minerálnych prameňov, z ktorých v súčasnosti už existujú iba dva. Išlo o spomínaný vodárensky využívaný prameň číslo 1 017 v Jakubovanoch, z ktorého sa po prehĺbení stratil zápach po sulfáne, a voda z neho sa využíva ako pitná. Existujúcimi minerálnymi prameňmi sú sulfánové vody z prameňov v Hanigovciach. Jedným z nich je upravený prameň č. 348 Hostcova voda a druhým v jeho tesnej blízkosti prameň č. 347 Vajcovka. Prameň č. 348 sa využíva rekreačne a jeho okolie je turisticky upravené (lavičky, stôl, strieška).

#### ***Pramene vystupujúce na kontakte obalu bradlového pásma s krynickou jednotkou***

Túto skupinu najčastejšie zlomových, bariérových, vrstvových a sutinových prameňov zastupuje 27 prameňov. Všetky zmapované pramene vystupujú na kontakte magurského súvrstvia (hrubopsamitický flyš – pieskovce so závalkami ílovcov, mikrokonglomeráty, zlepenca s „exotickým materiálom“) krynickej jednotky so sedimentmi pročského súvrstvia obalu bradla (karbonátový flyš). Litologicky ide o pomerne príbuzné jednotky s tým rozdielom, že vo flyši pročského súvrstvia je zastúpená aj karbonatická zložka.

Generálne majú povrchové toky pretekajúce úsekem bradlového pásma smer SV – JZ, resp. v okolí Ratvaja – Bodoviec smer S – J. Všetky väčšie toky pramena severne od bradlového pásma (ich niektoré bočné prítoky pramena aj v bradlovom pásme) v oblasti sedimentov krynickej jednotky. Aj pri prúde podzemnej vody viazanej na pripovrchovú zónu a na významnejšie poruchové zóny v oblasti severne od bradlového pásma možno očakávať takýto smer prúdenia. Tektonické rozhranie 2 spomínaných jednotiek je potom preferovanou cestou pre podzemnú vodu prichádzajúcu k bradlovému pásmu zo severu. Túto predstavu podporuje aj priemerná vodivosť (tab. 5.2.1, súbor B, mediánová hodnota)  $MEV = 394 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , ktorá je najnižšia zo všetkých mediánových hodnôt priemeru zo 4 hodnotených skupín prameňov, t. j. vplyv karbonatickej zložky vo flyši pročského súvrstvia nie je výrazný. Priemerná výdatnosť prameňov je  $0,06 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a priemerná teplota je  $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$  (tab. 5.2.1).

V tejto oblasti nie sú zachytené pramene využívané na hromadné zásobovanie. Iba prameň č. 854 v rekreačnej oblasti Drienica je lokálne zachytený pre príahľú chatu do betónových skruží. Vývery prameňov č. 1 027 v Jakubovanoch, 860 v Drienici a 134 v Kamenici sú upravené a turisticky sa využívajú. V tejto skupine prameňov neevidujeme žiadne režimovo sledované pramene a iba jeden minerálny prameň č. 517 v Olejníkove.

#### ***Pramene vystupujúce na kontakte obalu bradlového pásma s hutianskym súvrstviem***

Ide o skupinu 12, zväčša zlomových, bariérových a sutinových prameňov vystupujúcich na kontakte pročského súvrstvia alebo púchovského súvrstvia obalu bradlového pásma s hutianskym súvrstviem (ílovce v absolútnej prevahe nad pieskovicami a zlepenkami) podtatranskej skupiny.

Za generálne smery prúdenia podzemnej vody v tejto oblasti tiež možno považovať smery súhlasné so smermi tokov hlavných dolín, t. j. SZ – JV až S – J. Prítomnosť karbonatickej zložky v obale bradlového pásma spôsobuje, že cirkulujúca podzemná voda z tohto prostredia vyvierajúca na kontakte s menej

Tab. 5.2.2. Charakteristiky vodárnsky využívaných prameňov obalu bradlového pásma zdokumentované vlastným hydrogeologickým mapovaním.

Číslo prameňa	Katastrálne územie	Geologické prostredie	Dátum	Nadm. výška	Q	T <sub>vody</sub>	T <sub>vzduchu</sub>	MEV	Mapoval	Poznámka
14	Šarišské Jastrabie	pročské súvrstvie	25. 6. 2003	651	0,89	10,0	24,8	396	Olekšák	využ. pre Šarišské Jastrabie, OP 40 x 40 m, neudržiavané, asi 10 m od potoka, zachytené sú 2 pramene (0,83 + 0,06 l . s <sup>-1</sup> ), Cícmánová 1x ch. a.
169	Kamenica	pročské súvrstvie	21. 7. 2003	693	0,02	10,1	22,0	483	Olekšák	zachytený, využívaný, OP 10 x 40 m, merané na prepade zo záchyty
325	Milpoš	pročské súvrstvie	24. 7. 2003	601	0,00	0,0	0,0	0	Olekšák	zachytený pre obec Milpoš, OP 10 x 8 m, záchyt uzamknutý
363	Milpoš	pročské súvrstvie	24. 7. 2003	612	0,00	0,0	0,0	0	Olekšák	zachytený pre obec Milpoš, OP 8 x 15 m, bez šachty, režimovo sledovaný – aj chem. zlož. (Bajo et al., 1984)
351	Hanigovce	pročské súvrstvie	31. 8. 2004	540	0,15	14,6	16,7	672	Cícmánová	zachytený a využívaný pre dom č. 53, Cícmánová 1x ch. a.
369	Milpoš	pročské súvrstvie	24. 7. 2003	575	0,05	12,8	22,0	301	Olekšák	vodojem pre neďaleké PD alebo pre obec, charakteristiky merané na prepade, Cícmánová 1x ch. a.
592	Lutina	pročské súvrstvie	7. 10. 2005	581	0,03	9,3	21,0	542	Olekšák	pramenná záchytká, neprístupná, parametre vody z prepadu, OP 120 x 60 m, značne poškodené
474	Jakovany	pročské súvrstvie	6. 10. 2005	631	0,06	9,1	20,1	612	Olekšák	pramenná záchytká, OP 40 x 40 m
548	Drienica	púchovské súvrstvie	26. 9. 2005	569	0,53	9,9	22,5	713	Olekšák	pramenná záchytká, voda zachytená z 3 prameňov, OP 20 x 10 m, v OP aj vodojem
551	Drienica	pročské súvrstvie	26. 9. 2005	567	0,24	8,3	20,3	726	Olekšák	pramenná záchytká, OP 20 x 15 m
554	Drienica	pročské súvrstvie	26. 9. 2005	557	0,07	9,5	19,2	637	Olekšák	pramenná záchytká, OP 17 x 10 m, v OP aj vodojem
1 017	Jakubovany	pročské súvrstvie	22. 9. 2005	510	0,00	0,0	19,5	0	Olekšák	zachytený pr. Švabľova voda, OP 15 x 12 m, Bajo et al. (1984) režim. pozor. SHMU ev. č. 2 269, v minulosti pram. PV-19, po prehľbení stratil zápach po H <sub>2</sub> S
1 169	Šarišské Sokolovce	pročské súvrstvie	14. 9. 2005	507	0,00	0,0	22,6	0	Olekšák	pramenná záchytká, pravdepodobne len prerušovacia šachta
1 158	Šarišské Sokolovce	pročské súvrstvie	14. 9. 2005	522	0,00	0,0	21,4	0	Olekšák	OP 10 x 9 m, na pravom brehu potoka, bez pramennej záchytky
1 124	Šarišské Sokolovce	pročské súvrstvie	14. 9. 2005	579	0,00	0,0	19,5	0	Olekšák	OP 9 x 7 m, na ľavom brehu potoka, 2 m od neho, bez pramennej záchytky

Vysvetlivky: Q = výdatnosť prameňa (l . s<sup>-1</sup>); T<sub>vody</sub> = teplota vody (°C); T<sub>vzduchu</sub> = teplota vzduchu (°C); MEV = merná elektrická vodivosť vody (μs . cm<sup>-1</sup>)

priepustnými ílovitými horninami hutianskeho súvrstvia má spomedzi všetkých 4 vyčlenených skupín prameňov najväčšiu priemernú hodnotu  $MEV = 623 \mu S \cdot cm^{-1}$  (tab. 5.2.1, mediánová hodnota). Priemerná výdatnosť prameňov je  $0,03 l \cdot s^{-1}$  a priemerná teplota vody  $11,5 ^\circ C$ . V tejto oblasti nie sú vodárensky, ale ani turisticky upravené a využívané pramene. V rokoch 1981 – 1983 Bajo et al. (1984) režimovo sledovali výdatnosť prameňa č. 1 145 v Jakubovanoch (príloha 7).

Pri celkovom hodnotení obehu a režimu podzemnej vody bradlového pásma na základe prameňov podľa predchádzajúceho rozboru možno konštatovať, že najpriaznivejším prostredím na obeh podzemnej vody je karbonátový flyš pročského súvrstvia. Ide o najproduktívnejšie súvrstvie v celom bradlovom pásme z hľadiska početnosti, ale aj výdatnosti prameňov. Skoro všetky vodárensky využívané pramene v bradlovom pásme vyvierajú práve z tohto prostredia (tab. 5.2.2). Ich výdatnosť v suchých obdobiach dosahuje niekoľko desiatín  $l \cdot s^{-1}$ , ale aj do  $1 - 1,5 l \cdot s^{-1}$ , čo poukazuje na relatívne rozsiahlejšie vyvinutý systém puklín. V ojedinelých prípadoch nevyklúčujeme ani predstavu o dosahu a komunikácii puklín pročského súvrstvia až k vápencom bradlového pásma. Pre malú rozlohu infiltračnej plochy izolované vápence bradiel sa neprejavujú ako príliš produktívny kolektor. Tektonické rozhranie medzi bradlovým pásmom a vonkajším paleogénom sa neodráža v početnom výskyte výdatných prameňov, hoci v suchom období je tu možné zdokumentovať pramene s výdatnosťou do  $0,1 l \cdot s^{-1}$ , ojedinele aj viac. Ešte menej výrazné z hľadiska počtu prameňov a ich výdatností, okrem zopár výnimiek, sa ukazuje tektonické rozhranie bradlového pásma s vnútorným paleogénom, no v hodnotenom území bol zmapovaný podstatne kratší úsek ako pri vzťahu bradlového pásma a vonkajšieho paleogénu.

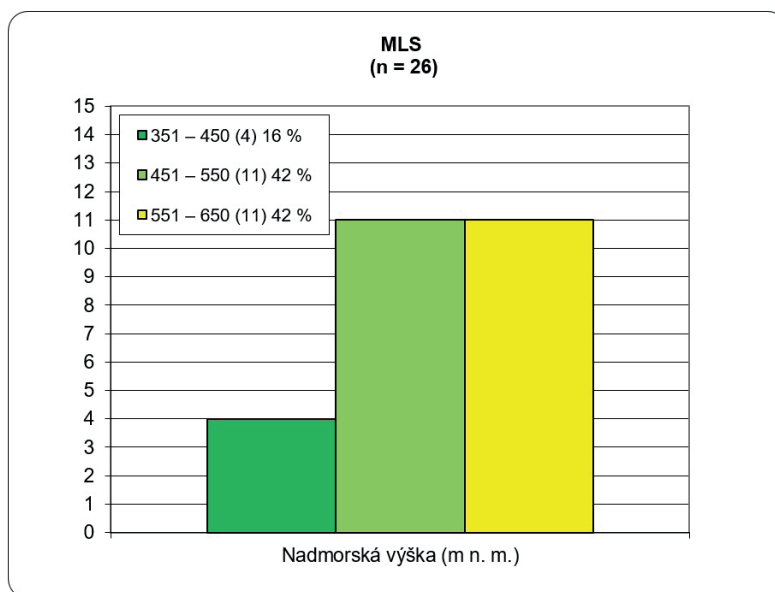
### Krynická jednotka

V krynickej jednotke flyšového pásma v hodnotenom území na ploche  $285 km^2$  bolo zdokumentovaných 1 391 prameňov. Z tohto počtu bolo 854 (61 % z celkového počtu prameňov v krynickej jednotke) dokumentovaných vlastnými mapovacími prácami a zo starších mapovacích prác boli prevzaté údaje o 537 prameňoch. Z tohto počtu bolo 463 (33 %) prameňov zo staršieho hydrogeologického mapovania (Bajo et al., 1984) a 74 (10 %) prameňov bolo zdokumentovaných do *Geochemického atlasu SR* (Rapant et al., 1996). Podľa geologickej pozície sme jednotlivé pramene krynickej jednotky rozdelili na 3 skupiny (tab. 5.1.3):

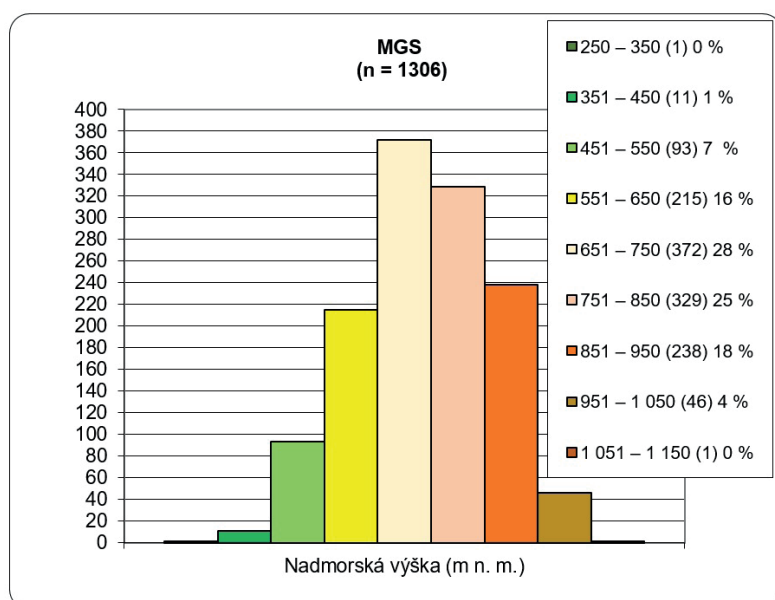
- pramene v oblasti výskytu flyšového vývoja pieskovcov a ílovcov (malcovské a menilitové súvrstvie) – *MLS*,
- pramene v oblasti výskytu flyšového vývoja pieskovcov a ílovcov s výraznou prevahou pieskovcov (magurské súvrstvie) – *MGS*,
- pramene v oblasti výskytu flyšového vývoja pieskovcov a ílovcov s miernou prevahou ílovcov (pestré vrstvy, globigerínové sliene) – *PS* a (belovežské súvrstvie) – *BS*.

Aj v prípade krynickej jednotky, podobne ako v prípade bradlového pásma, sme oddelili od ostatných údajov súbory, ktoré boli získané zo staršieho hydrogeologického mapovania Baja et al. (1984). Tak sme vždy okrem spoločného hodnotenia parametrov (súbor A, tab. 5.2.5) vytvorili aj súbor B bez údajov z dokumentácie Baja et al. (1984). Preto podobne ako pri štatistickom hodnotení prameňov bradlového pásma vychádzame zo štatistík stanovených na skupinách bez údajov z hydrogeologického mapovania Baja et al. (1984) (súbory B, tab. 5.2.5).

Pohorie Čergov je v hrebeňovej časti a severných a severozápadných svahoch z prevažnej väčšiny budované magurským a malcovským súvrstvím krynickej jednotky. Oblasti budované pestrými vrstvami, globigerínovými slietmi a belovežským súvrstvím dosahujú menšiu rozlohu a často majú charakter dlhých pásiem so šírkou stoviek metrov. Prevažná väčšina prameňov krynickej jednotky v hodnotenom území sa nachádza v magurskom súvrství, v menšej miere v pestróm a malcovskom súvrství a najmenší počet je v belovežskom súvrství (tab. 5.2.3). Na porovnanie jednotlivých súvrství krynickej jednotky sme vytvorili stĺpcové grafy početnosti prameňov, ktoré ich dokumentujú z pohľadu nadmorskej výšky (obr. 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4) a výdatnosti (obr. 5.2.5, 5.2.6, 5.2.7, 5.2.8). Tieto grafy poukazujú jednak na výškové rozmiestnenie prameňov v priestore, jednak na prevažujúci interval výdatnosti prameňov. Keďže nárast nadmorskej výšky je spojený s rastom zrážkových úhrnov, ktoré sú jediným zdrojom podzemnej vody v pohorí Čergov, môžeme sledovať, ako sa distribuujú v pripovrchovej zóne rozvoľnenia a hydrogeologickom masíve. Táto zóna je dobre odkrytá na bočnom hrebeni Čergova severne od kóty Stredný vrch (obr. 5.2.10, 5.2.11, 5.2.12). Odvodňovanie tejto zóny a puklinových systémov hydrogeologického masí-



Obr. 5.2.1. Početnosť prameňov v malcovskom súvrství podľa nadmorskej výšky.

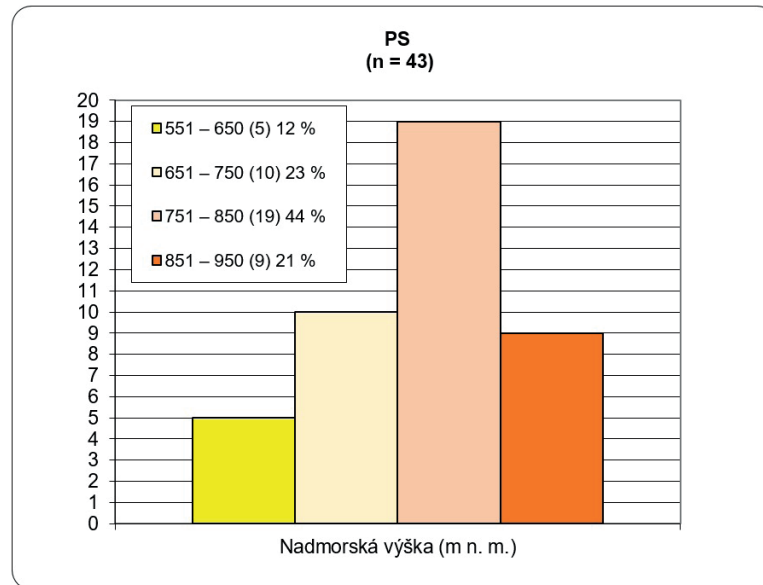


Obr. 5.2.2. Početnosť prameňov v magurskom súvrství podľa nadmorskej výšky.

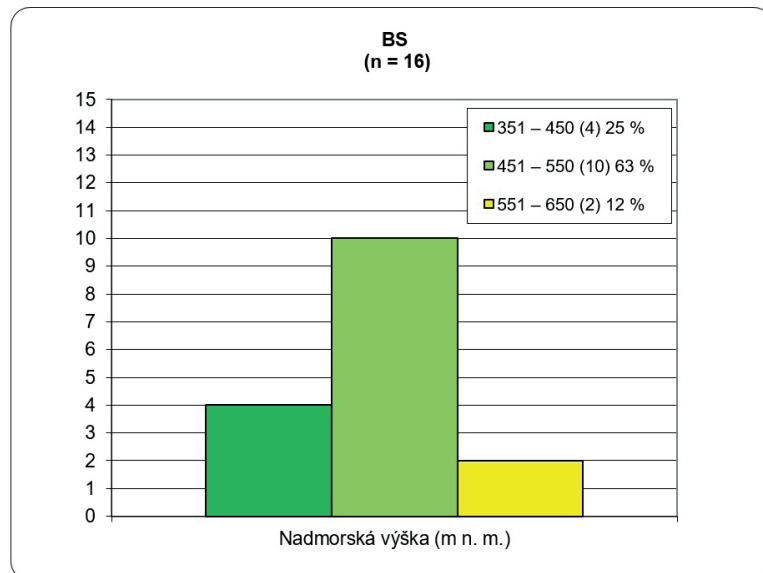
vu je možné sledovať na koncentrácii podzemnej vody vo forme výdatnosti prameňov (skryté prestupy do povrchových tokov), čo dokresľuje našu predstavu o charaktere obehu podzemnej vody. Dĺžka obehových ciest podzemnej vody v pripovrchovej zóne a hydrogeologickom masíve sa odráža na mernej elektrickej vodivosti ECV ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) prameňov v jednotlivých súvrstviach krynickej jednotky (obr. 5.2.9).

#### ***Pramene v oblasti výskytu flyšového vývoja pieskocov a ílovcov***

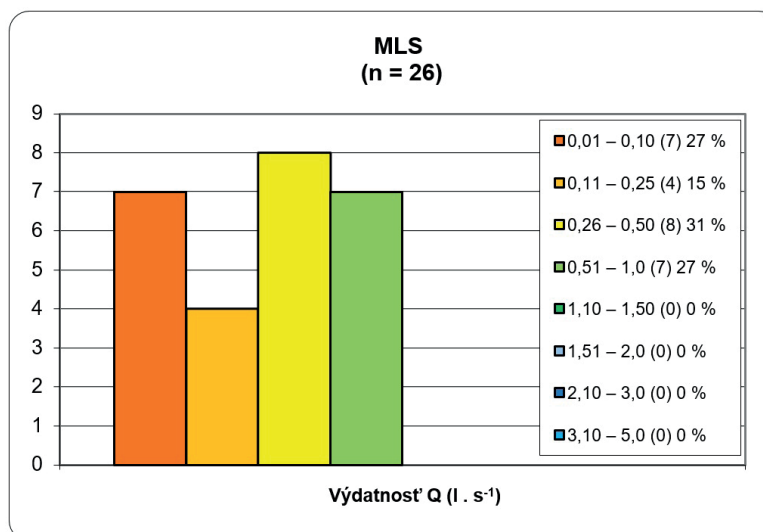
V oblasti výskytu flyšového vývoja pieskocov a ílovcov bolo zdokumentovaných 26 prameňov, pričom najväčšie zastúpenie majú puklinovo-vrstvové, puklinovo-bariérové a sutinovo-puklinové pramene (spolu 58 %). Trochu menšie zastúpenie majú sutinové, puklinové a bariérové pramene (spolu 38 %). Zvyšné 4 % pripadajú na vrstvové pramene. Toto horninové prostredie z pohľadu nadmorskej výšky sa odvodňuje prevažne rovnomerne (obr. 5.2.1), t. j. pozícia výverov je rozdelená do troch výškových stupňov tak, že v dvoch výškových stupňoch je rozložená rovnomerne (42 %) a v jednom, najnižšom stupni dosahuje najmenšie zastúpenie (16 %). Je to dané tým, že pramene podzemnej vody sa nachádzajú v línii s podobnou nadmorskou výškou, na ktorej sa odvodňuje buď pripovrchová zóna, alebo puklinové zóny hydrogeologického masívu.



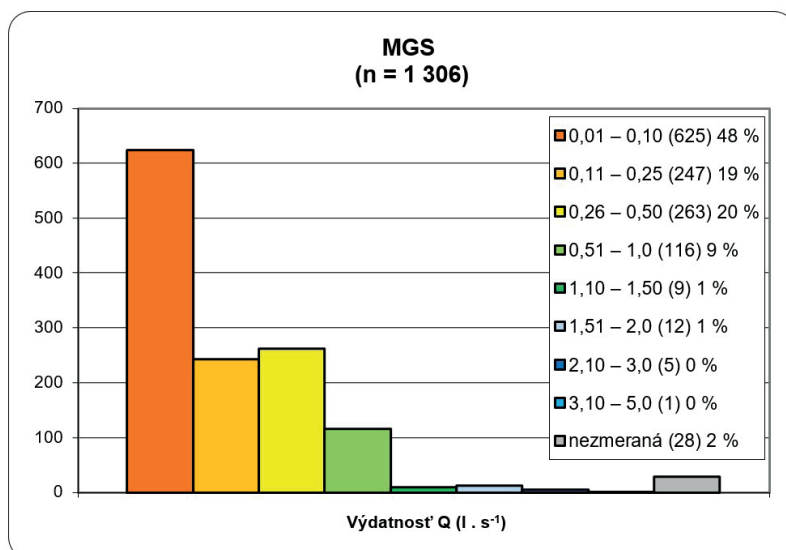
Obr. 5.2.3. Početnosť prameňov v pestrom súvrství podľa nadmorskej výšky.



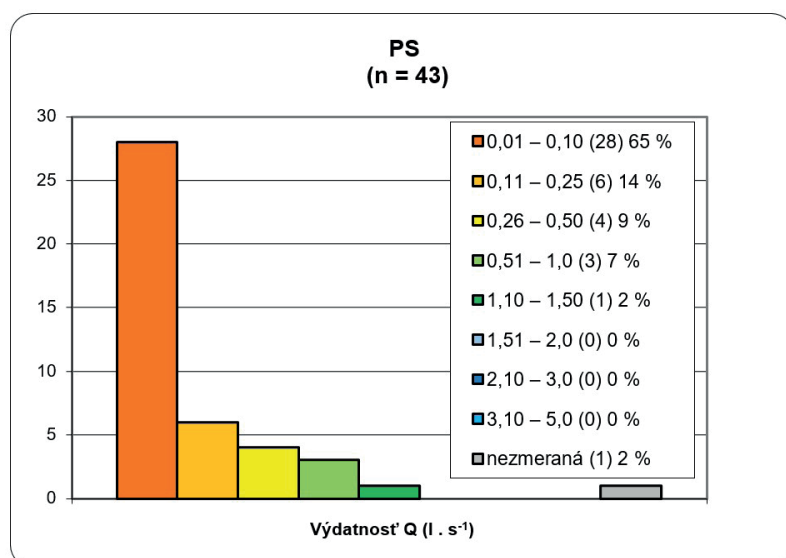
Obr. 5.2.4. Početnosť prameňov v belovežskom súvrství podľa nadmorskej výšky.



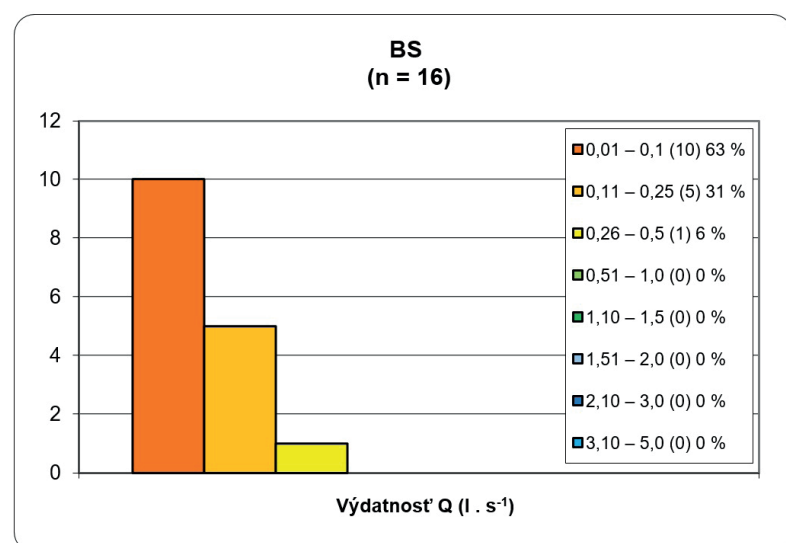
Obr. 5.2.5. Početnosť prameňov v malcovskom súvrství podľa výdatnosti.



Obr. 5.2.6. Početnosť prameňov v magurskom súvrství podľa výdatnosti.

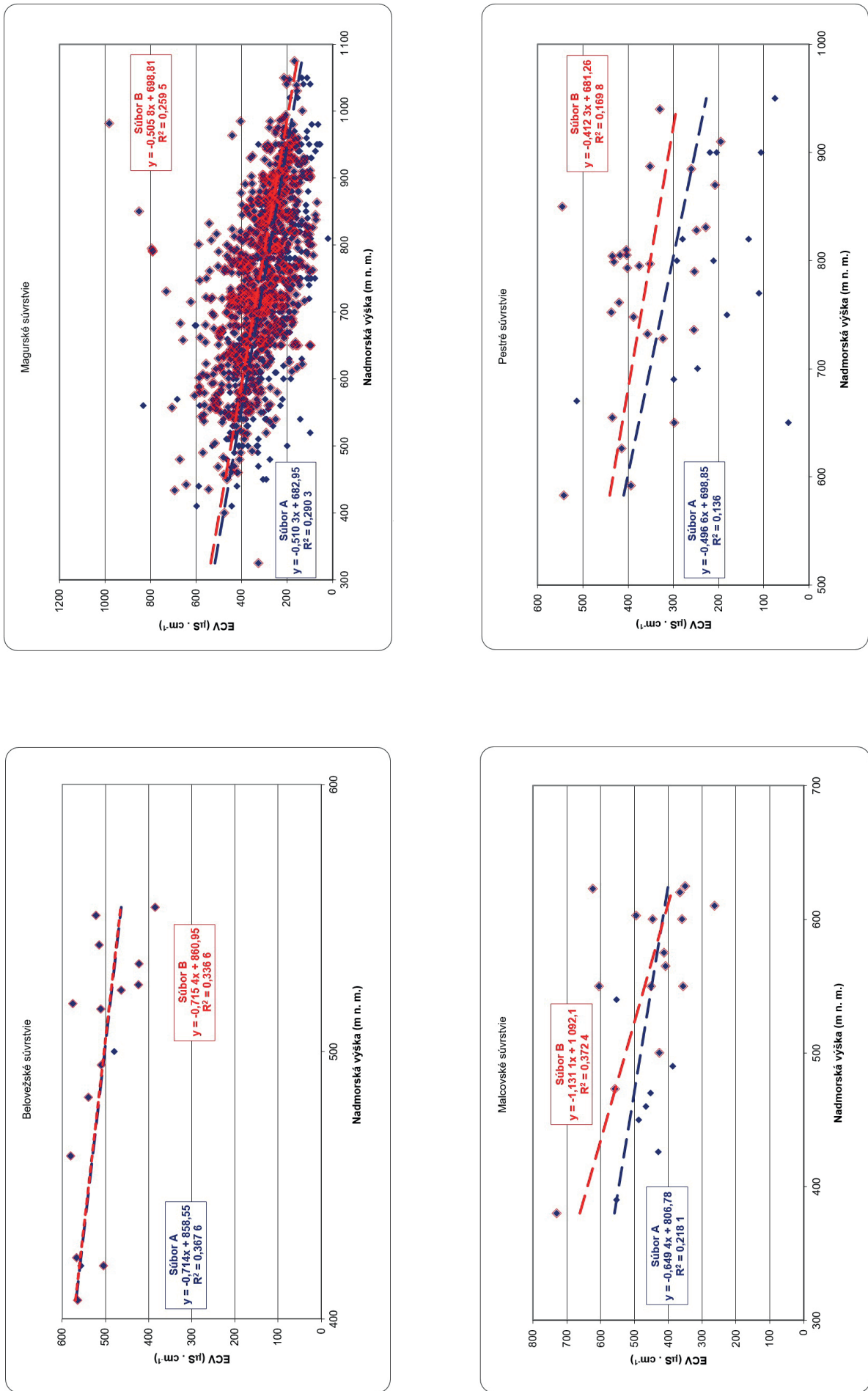


Obr. 5.2.7. Početnosť prameňov v pestrom súvrství podľa výdatnosti.



Obr. 5.2.8. Početnosť prameňov v belovežskom súvrství podľa výdatnosti.





Obr. 5.2.9. Vzťah nadmorskej výšky prameňov k mernej elektrickej vodivosti ECW (µS · cm<sup>-1</sup>) v jednotlivých súvrstviach krynickej jednotky.



Obr. 5.2.10. Otvorené puklinové zóny prekryté tenkým pokryvom hlinito-kamenitých sutín plnia drenážnu funkciu a sústreďujú podzemnú vodu z väčšieho územia (bočný hrebeň medzi kótami Stredný vrch (951) a Čierna jedlina (815) (foto: D. Marcin).

Obr. 5.2.11. Hlinito-kamenitá sutina pokrýva pripovrchovú zónu rozvoľnenia v hydrogeologickom masíve budovanom magurským súvrstvím (čerstvý zárez na lesnej ceste Tokáreň – sedlo Lysina, 1 029 m n. m.; foto: www.cergov.sk).



Obr. 5.2.12. Vrchná časť pripovrchovej zóny rozvoľnenia hydrogeologického masívu (magurské súvrstvie) odkrytá na brehu a dne potoka (koryto potoka Tokáreň – sedlo Lysina, 1 029 m n. m.; foto: www.cergov.sk).





Obr. 5.2.13. Zachytený sutinovo-puklinový prameň na lokalite Ruská Voľa (prameň č. 39, malcovské súvrstvie; foto: D. Marcin).

Tab. 5.2.3. Rozdelenie prameňov krynickej jednotky podľa geologickej pozície.

	Súbor	n	Q [l . s <sup>-1</sup> ]				T <sub>vody</sub> [°C]				MEV [μS . cm <sup>-1</sup> ]			
			min.	max.	Md	M	min.	max.	Md	M	min.	max.	Md	M
Flyšový vývoj pieskocov a ílovcov_MLS	A	26	0,02	1,00	0,35	0,40	7,10	14,7	8,65	8,95	263	730	449	463
	B	15	0,02	0,80	0,20	0,25	7,10	14,7	9,0	9,38	263	730	427	457
Flyšový vývoj pieskocov a ílovcov s výraznou prevahou pieskocov_MGS	A	1306	0,01	3,50	0,12	0,25	2,5	27,0	8,1	8,74	20	982	292	304
	B	864	0,01	3,0	0,05	0,12	3,6	27,0	9,1	9,56	67	982	307	321
Flyšový vývoj pieskocov a ílovcov s prevahou ílovcov_PS	A	43	0,01	1,50	0,09	0,20	5,5	13,8	9,40	9,28	46	545	311	310
	B	28	0,01	0,22	0,05	0,06	6,6	13,8	9,85	10,16	195	545	382	360
Flyšový vývoj pieskocov a ílovcov s prevahou ílovcov_BS	A	16	0,01	0,29	0,04	0,09	7,5	14,3	9,70	9,71	385	581	513	507
	B	14	0,01	0,29	0,03	0,08	7,5	14,3	10,1	9,97	385	581	513	506

**Vysvetlivky:** súbor A – súbor zdokumentovaných prameňov Baja et al. (1984), Rapanta et al. (1996) a prameňov zdokumentovaných v rámci úlohy (podľa mapovania Marcina a Olekšáka); súbor B – súbor zdokumentovaných prameňov Rapanta et al. (1996) a prameňov zdokumentovaných v rámci úlohy (podľa mapovania Marcina a Olekšáka); n – počet údajov; Q – výdatnosť prameňov; T<sub>vody</sub> – teplota vody; MEV – merná elektrická vodivosť vody; min. – minimum; max. – maximum; Md – medián; M – aritmetický priemer.

V tomto horninovom prostredí, ktoré je reprezentované malcovským a menilitovým súvrstvom, je pre režim podzemnej vody charakteristické pomerne vyrovnané percentuálne zastúpenie prameňov podľa výdatnosti a najväčšie percentuálne zastúpenie prameňov s výdatnosťou od 0,2 l . s<sup>-1</sup> do 1,0 l . s<sup>-1</sup> v hodnotenom území (obr. 5.2.5). Táto skutočnosť poukazuje na regionálnu schopnosť týchto súvrství sústrediť podzemnú vodu na kontakte s magurským súvrstvom v okrajovej časti pohoria Čergov. Ich väčšie plošné rozšírenie v línii Čirč – Ruská Voľa a Richvald – Fričkovce – Osikov potvrdzuje skutočnosť, že tu zostupujúca podzemná voda magurského súvrstvia prechádza horninovým prostredím s horšími hydraulickými parametrami. Prejavuje sa to aj nárastom strednej hodnoty vodivosti podzemnej vody malcovského súvrstvia oproti magurskému súvrstviu, v ktorom podzemná voda zostáva kratší čas. Najvýdatnejšie pramene týchto súvrství (Q od 0,8 l . s<sup>-1</sup> do 1,0 l . s<sup>-1</sup>) dosahujú vodivosť veľmi blízku strednej hodnote vodivosti tohto súboru.

Tab. 5.2.4. Charakteristiky vodárnsky využívaných prameňov malcovského súvrstvia zdokumentované v zmapovanom území.

Číslo prameňa	Katastrálne územie	Geologické prostredie	Nadmorská výška [m n. m.]	Dátum merania	Q (l . s <sup>-1</sup> )	T <sub>vody</sub> (°C)	T <sub>vzd.</sub> (°C)	MEV (μS . cm <sup>-1</sup> )	Zdokumentoval	Poznámka
39	Ruská Voľa	malcovské súvrstvie	575	26. 8. 2005	0,75	9,3	20	413	Marcin	zachytený prameň (Podiatranská vodárenská spoločnosť, Poprad)
1 463	Hervartov	malcovské súvrstvie	500	21. 9. 2004	0,30	9,0	11	427	Cicmanová	S. Cicmanová 1x ch. a., zachytený prameň – vodárensky využívaný, vodojem
1 593	Fričkovce	malcovské súvrstvie	460	19. 7. 1979	1,0	10	14	467	Bajo et al., 1984	

Tab. 5.2.5. Charakteristiky vodárnsky využívaných prameňov magurského súvrstvia zdokumentované v zmapovanom území.

Číslo prameňa	Katastrálne územie	Geologické prostredie	Nadmorská výška [m n. m.]	Dátum merania	Q	T <sub>vody</sub>	T <sub>vzd.</sub>	MEV	Dokumentoval	Poznámka
102	Kyjov	magurské súvrstvie	780	26. 6. 2003	0,00	0,0	19		Olekšák	neprístupný, OP 20 x 20 m, zachytený jeden prameň, využ. pre Kyjov, 2x chemická analýza (Bajo et al., 1984)
104	Kyjov	magurské súvrstvie	784	26. 6. 2003	0,00	0,0	19		Olekšák	neprístupný, betón. skruž s priem. 0,8 m, OP 40 x 20 m, pravdepodobne sú tu zachytené 3 pramene využívané pre obec Kyjov
107	Kyjov	magurské súvrstvie	790	26. 6. 2003	0,47	7,4	19	231	Olekšák	odtok zo zle zachyteného prameňa pre obec Kyjov, nachádza sa v OP s pr. č. 104
199	Obručné	magurské súvrstvie	690	13. 5. 1993	3,00	9,3	22	253	Rapant et al. (1996)	vzorka z <i>Geochemického atlasu SR</i> , zachytený, výdatnosť meraná na prepade
303	Lenártov	magurské súvrstvie	560	1. 6. 1978	2,00	6,8	22	229	Bajo et al. (1984)	zachytený a využívaný
801	Sabinov-Zálesie	magurské súvrstvie	701	3. 10. 2005	0,00	0,0	18		Olekšák	OP 12 x 8 m, bez šachty, Cicmanová 1x ch. a. z prepadu
802	Sabinov-Zálesie	magurské súvrstvie	691	3. 10. 2005	0,00	0,0	18		Olekšák	zachytený prameň bez OP, 2 m od cesty, spoloč. šachta prameňov č. 801 a 802, prepad suchý
984	Drienica	magurské súvrstvie	953						Bajo et al. (1984)	pri chate, betónová skruž s priem. 1 m, prepad PVC rúrkou, pozorovaný režim (Bajo et al., 1984), vzorka z <i>Geochemického atlasu SR</i> (Rapant et al., 1996; vzorka R4239)
1 319	Fričkovce	magurské súvrstvie	920	24. 7. 1992	0,00	8,3			Rapant et al. (1996)	zachytený, chata Čergov, vzorka z <i>Geochemického atlasu SR</i>
1 589	Závadka	magurské súvrstvie	589	24. 8. 2004	0,00	12,6	12	586	Cicmanová	vodojem, využívaný pre PD a obec Závadka, Cicmanová 1x ch. a.

Vysvetlivky: Q – výdatnosť prameňa (l . s<sup>-1</sup>); T<sub>vody</sub> – teplota vody (°C); T<sub>vzd.</sub> – teplota vzduchu (°C); MEV – merná elektrická vodivosť vody (μS . cm<sup>-1</sup>).

Pramene flyšového vývoja pieskocov a ílovcov dosahujú strednú hodnotu výdatnosti  $0,20 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , stredná hodnota teploty vody je  $9,0 \text{ }^\circ\text{C}$  a MEV je  $427 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (tab. 5.2.3; súbor B, mediánová hodnota). V tejto oblasti sú zachytené iba tri pramene využívané na hromadné zásobovanie.

Ide o prameň č. 39 v Ruskej Voli, č. 1 463 v Hervartove a č. 1 593 vo Fričkovciach (tab. 5.2.4). V tejto oblasti boli režimovo sledované pramene č. 57 v Ruskej Voli a č. 1 248 v Richvalde (príloha 2).

#### ***Pramene v oblasti výskytu flyšového vývoja pieskocov a ílovcov s výraznou prevahou pieskocov***

V oblasti výskytu flyšového vývoja pieskocov a ílovcov s výraznou prevahou pieskocov (magurské súvrstvie) bolo zdokumentovaných 1 306 prameňov, čo predstavuje najväčší súbor v hodnotenom území. Tento počet je daný tým, že magurské súvrstvie tvorí prevažnú časť zmapovaného územia (78 %) a má hornatý charakter. Najväčšie zastúpenie majú sutinové (43 %), puklinovo-vrstvové (21 %) a puklinové (16 %) pramene, čo spolu predstavuje 80 %. Zvyšných dvadsať percent je rozdelených medzi vrstvové (8 %), sutinovo-puklinové (7 %), sutinovo-vrstvové (3 %), puklinové (1 %) a bariérové (1 %) pramene. Toto horninové prostredie z pohľadu nadmorskej výšky sa odvodňuje nerovnomerne (obr. 5.2.2), t. j. počet výverov stúpa s nadmorskou výškou od úrovne 250 m n. m. až do 750 m n. m. a potom znova klesá až do výšky 1 150 m n. m. Najväčšie zastúpenie výverov je vo výškovom stupni 651 – 750 m n. m. (28 %) a viac ako 50 % všetkých výverov sa nachádza v dvoch výškových stupňoch, 651 – 750 a 751 – 850 m n. m. Hornatý charakter tejto oblasti s nadmorskou výškou hrebeňov od 800 do 1 000 m sa podľa percentuálneho zastúpenia jednotlivých typov prameňov javí ako územie, kde dominuje odvodňovanie pripovrchovej zóny hydrogeologického masívu nad vývermi z puklinových zón. Pripovrchová zóna rozvoľnenia magurského súvrstvia sa z pohľadu hydraulických parametrov ukazuje priaznivo a v kombinácii s dostatočným gradientom (výškové rozdiely medzi rázsochami a dolinami dosahujú 200 – 450 m) predstavuje vhodnú transportnú cestu podzemnej vody.

V tomto horninovom prostredí, ktoré je reprezentované magurským súvrstvom, je pre režim podzemnej vody charakteristické, že skoro 50 % prameňov tohto súvrstvia dosahuje výdatnosť do  $0,01 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a ďalších necelých 40 % sa rovnomerne delí medzi interval výdatnosti  $0,11 - 0,25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a  $0,26 - 0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (obr. 5.2.6). Dominujúci počet výverov s nízkou výdatnosťou svedčí o tom, že padnuté zrážky sú odvedené cez pripovrchovú zónu k erozívnym bázam potokov alebo sa podieľajú na dotovaní puklinových zón. Keďže medzi 26 vývermi v intervale  $1,1 - 3,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  výrazne prevažujú puklinové a vrstvové pramene, prípadne ich kombinácie, predpokladáme, že zvodnenie puklinových zón je priestorovo obmedzené. Toto priestorové obmedzenie môže byť spôsobené výplňou puklín produktmi zvetrávania v pripovrchovej zóne.

Pramene flyšového vývoja pieskocov a ílovcov s výraznou prevahou pieskocov dosahujú strednú hodnotu výdatnosti  $0,05 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , stredná hodnota teploty vody je  $9,1 \text{ }^\circ\text{C}$  a MEV je  $307 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (tab. 5.2.3; súbor B, mediánová hodnota). Podľa nameraných údajov MEV vody prameňov sa ukazuje, že jej vysoké hodnoty ( $600 - 982 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) sa vyskytujú v prípade prameňov s prevažne nižšou výdatnosťou (menej ako  $0,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) vo väčšej nadmorskej výške (700 – 900 m n. m.) alebo v prípade prameňov s vyššou výdatnosťou, ale v menšej nadmorskej výške (obr. 5.2.9).



Obr. 5.2.14. Merný prepad na puklinovo-vrstvovom prameni v Lenartove (prameň č. 370, magurské súvrstvie; foto: D. Marcín).



Obr. 5.2.15. Sutinovo-puklinový prameň na lokalite Hertník (prameň č. 1 419, magurské súvrstvie; foto: F. Masarik).



Obr. 5.2.16. Sutinovo-puklinový prameň na lokalite Hertník (prameň č. 1 427, magurské súvrstvie; foto: D. Marcín).

V tejto oblasti je zachytených 10 prameňov, ktoré sa vodárensky využívajú na verejné zásobovanie. Ide o pramene č. 102, 104 a 107 v Kyjove, č. 199 v Obručnom, č. 303 v Lenartove, č. 801 a 802 v Sabínove-Zálesí, č. 984 v Drienici, č. 1 319 vo Fričkovciach a č. 1 589 v Závadke (tab. 5.2.5). V tejto oblasti evidujeme 9 režimovo sledovaných prameňov (príloha 2) a jeden minerálny prameň v Bogliarke (PV-17). Tento minerálny prameň sulfánovej vody v súčasnosti nejestvuje, keďže pravdepodobne zanikol pri meliorácii pasienkov.

#### ***Pramene v oblasti výskytu flyšového vývoja pieskovcov a ílovcov s miernou prevahou ílovcov***

V tejto oblasti výskytu flyšového vývoja pieskovcov a ílovcov s miernou prevahou ílovcov (pestré vrstvy, globigerínové sliene a belovežské súvrstvie) sme zdokumentovali 43 prameňov v pestrom a 16 v belovežskom súvrství. Pestrému súvrstviu dominujú puklinové pramene (viac ako 50 %). Presnú štvrtinu tvoria sutinové pramene (25 %), ostatné pramene sú sutinovo-bariérové (13 %) a vrstvomové (6 %). V belovežskom súvrství majú najväčšie zastúpenie sutinové pramene (40 %) a necelú štvrtinu predstavujú puklinové pramene (23 %). Puklinovo-vrstvomové pramene majú v belovežskom súvrství podiel 16 %, bariérové 7 %, sutinovo-puklinové a vrstvomové po 5 % a najmenšie zastúpenie, iba 2 %, majú puklinovo-bariérové pramene. Nezaradený zostal jeden prameň (2 %) v Kyjove. Z pohľadu plošného rozšírenia má pestré súvrstvie zaujímavé postavenie, pretože v hodnotenom území vystupuje v pruhoch, ktoré majú dĺžku desiatky kilometrov a šírku len niekoľko stoviek metrov. V horninovom masíve vytvára bariéru prúdeniu podzemnej vody v pripovrchovej zóne rozvoľnenia, a tak možno pozorovať, že výdatnejšie pramene sa často nachádzajú na kontakte tohto súvrstvia s magurským súvrstvom. To sa odráža aj na početnosti prameňov podľa nadmorskej výšky, kde kopíruje rozloženie magurského súvrstvia s tým, že jeho vrchol je posunutý o jeden výškový stupeň vyššie (obr. 5.2.3). Na svahoch dolín sa môžeme stretnúť s javom, keď toto súvrstvie usmerňuje a sústreďuje podzemnú vodu z plošne väčšieho územia. Belovežské súvrstvie má v hodnotenom území väčšie plošné rozšírenie len v úseku Hertník – Osikov, kde buduje svahy pohoria Čergov. Niekoľko málo výdatných prameňov ( $Q > 0,15 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) sa nachádza aj priamo v samotnom súvrství, ale pramene s väčšou výdatnosťou môžeme nájsť na kontakte s magurským súvrstvom.

V horninovom prostredí reprezentovanom pestrým súvrstvom je pre režim podzemnej vody charakteristické viac ako 60 % zastúpenie prameňov s výdatnosťou do  $0,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Ďalšie percentuálne zastúpenie prameňov sa delí medzi intervaly výdatnosti  $0,1 - 0,25$  (14 %),  $0,26 - 0,5$  (9 %),  $0,51 - 1,0$  (7 %) a  $1,1 - 1,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (2 %). Podobne aj v belovežskom súvrství je počet prameňov s výdatnosťou nižšou ako  $0,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  zastúpený 63 %. Ďalšie percentuálne zastúpenie prameňov je rozdelené medzi intervaly výdatnosti  $0,11 - 0,25$  (31 %) a  $0,26 - 0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (6 %). Kým v pestrom súvrství pozorujeme širšie percentuálne zastúpenie v jednotlivých intervaloch, v belovežskom súvrství môžeme vidieť pomerne úzke rozdelenie iba do troch intervalov. Charakter početnosti prameňov jednotlivých súvrství je daný hlavne pozíciou jednotlivých súvrství vo vzťahu k magurskému súvrstviu a ich výškovým rozdielom. Kým pestré súvrstvie prechádza naprieč rázsochami a dolinami, belovežské súvrstvie buduje svahy na okraji pohoria Čergov, kde sú menšie výškové rozdiely, ako je to v prípade pestrého súvrstvia.

Pramene pestrého súvrstvia dosahujú strednú hodnotu výdatnosti  $0,05 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , stredná hodnota teploty vody je  $9,85 \text{ }^\circ\text{C}$  a MEV je  $382 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . V belovežskom súvrství pramene dosahujú strednú hodnotu výdatnosti  $0,03 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , stredná hodnota teploty vody je  $10,1 \text{ }^\circ\text{C}$  a MEV je  $513 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (tab. 5.2.5; súbor B, mediánová hodnota).

V tejto oblasti nie sú zachytené žiadne pramene na vodárenské využívanie a ani tu neevidujeme žiadne režimovo sledované pramene.

#### **Vzťah podzemnej a povrchovej vody bradlového a flyšového pásma**

Merania prietoku realizované v tomto území potvrdili, že v hydrogeologickom masíve Čergova prevažujú prestupy podzemnej vody nad stratami. Tie síce nepredstavujú príliš veľké hodnoty, ale svojím dielom prispievajú k dopĺňaniu zásob podzemnej vody kvartéru v údoliach. Tektonické ohraničenie bradlového a flyšového pásma sa z pohľadu prírastkov a strát príliš výrazne neprejavilo, ale na niekoľkých miestach (Lúčka, Červená Voda) možno dokumentovať zhoršenie hydrofyzikálnych podmienok na obeh podzemnej vody. Na týchto miestach má bradlové pásmo funkciu bariéry, ktorá usmerňuje prúdenie podzemnej vody v pripovrchovej zóne. Celkove môžeme konštatovať, že v samotnom bradlovom pásme, ale ani v oblastiach jeho tektonického ohraničenia, okrem malých výnimiek, sa meraniami prietoku nepotvrdili úseky s výraznými stratami či nárastmi prietoku na povrchových tokoch.

Zvodnené kolektory bradla sa odvodňujú formou početnejšieho výskytu málo výdatných prameňov ako formou skrytého prestupu podzemnej vody do povrchových tokov. Zásoby podzemnej vody kolektorov bradlového a flyšového pásma sa takmer výlučne dopĺňajú zrážkami. Skryté prestupy povrchovej vody z tokov do kolektorov bradlového pásma tu nezohrávajú až takú významnú úlohu. Základné štatistické spracovanie údajov z merania prietoku (príloha 4, tab. 12, 13, 14 a 25) je v tab. 5.1.4.

Podľa tab. 5.2.6 je zrejmé, že na kontakte bradlového pásma s krynicovou jednotkou, kde bol meraný prietok na 13 úsekoch, je zaznamenaná tendencia prestupu podzemnej vody do tokov.

Tab. 5.2.6. Základné štatistické spracovanie bilancie úsekov merania prietoku.

		Kontakt bradlového pásma s krynicovou jednotkou	Bradlové pásmo	Kontakt bradlového pásma s hutianskym súvrstvom	Magurské súvrstvie krynickej jednotky
Prírastok prietoku (l . s <sup>-1</sup> /100 m)	n	11	14	7	23
	min	0,15	0,00	0,03	0,18
	max	2,31	1,21	1,58	12,09
	Md	0,44	0,14	0,13	0,76
	M	0,64	0,24	0,36	1,35
Úbytok prietoku (l . s <sup>-1</sup> /100 m)	n	2	1	4	7
	min	-0,78	-0,16	-0,49	-0,23
	max	-0,38		-0,01	-3,07
	Md			-0,18	-0,73
	M	-0,58		-0,21	-1,00

Mediánová hodnota priemerného prírastku prietoku na 100 m v rámci hodnotených úsekov je najvyššia zdokumentovaná hodnota prestupu vo všetkých 3 hodnotených skupinách ( $Md = 0,44 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ ). Najvyššie prestupy sa zaznamenali (príloha 4, tab. 12) na potoku Lúčanka v Lúčke medzi profilmi LU-1 a -2 v roku 2002 (v priemere  $2,31 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  na každých 100 m hodnoteného úseku medzi profilmi LU-1 a -2) a na Drienickom potoku na lokalite Drienica medzi profilmi DR-3 a -4 (v priemere  $1,22 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  na každých 100 m hodnoteného úseku medzi profilmi DR-3 a -4). Opakované merania prietoku toho istého úseku Lúčanky v roku 2003 v čase nízkeho prietoku potvrdilo prestup podzemnej vody do potoka, ale v podstatne menšej miere – priemerný prírastok prietoku na 100 m bol  $0,43 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ ). Na Drienickom potoku opakované merania prietokov v roku 2003 zdokumentovali, naopak, stratu prietoku v množstve  $-0,78 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ . Ostatné zdokumentované nárasty a straty prietoku na pozorovaných úsekoch tokov nepovažujeme za významné.

Aj v bradlovom pásme skoro vždy dominovali úseky s prestupom podzemnej vody do povrchových tokov (tab. 5.1.4). Mediánová hodnota priemerného prírastku prietoku na 100 m hodnoteného úseku dosahuje  $Md = 0,14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ . Najvyšší prestup bol zaznamenaný (príloha 4, tab. 13) na bezmennom potoku v Milpoši medzi profilmi MI-2 a -4 (v priemere  $1,21 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  na každých 100 m hodnoteného úseku). Ostatné zdokumentované nárasty a straty prietokov na pozorovaných úsekoch tokov nepovažujeme za významné.

Rozhranie bradlového pásma s paleogénom podtatranskej skupiny zastúpeným hutianskym súvrstvom sa overovalo meraním prietoku v 11 úsekoch tokov. Prevažujú úseky s prestupom podzemnej vody do tokov (7 úsekov), no zastúpené sú aj úseky so stratami prietoku na povrchových tokoch (4 úseky). Pri úsekoch s prírastkami prietoku mediánová hodnota priemerného prírastku prietoku na 100 m  $Md = 0,13 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$  skoro zodpovedá mediánovej hodnote priemerných prírastkov v bradlovom pásme. Najvyšší prestup bol zaznamenaný (príloha 4, tab. 13) na potoku Lúčanka v Lúčke medzi profilmi LU-2 a -4 (v priemere  $1,58 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  na každých 100 m hodnoteného úseku). Na 4 stratových úsekoch prietoku bola zdokumentovaná mediánová priemerná strata  $Md = -0,18 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ . Najvyššia priemerná strata prietoku pripadajúca na 100 m hodnoteného úseku bola zaznamenaná v Bodovciach na Veľkom potoku v roku 2002 medzi profilmi VP-3 a -4 v množstve  $-0,49 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ . Opakované merania prietoku spomínaného úseku v roku 2003 pri nízkom prietoku potvrdili opak – priemerný prírastok prietoku v množstve



0,13 l . s<sup>-1</sup>/100 m. Ostatné zdokumentované nárasty a straty prietoku na pozorovaných úsekoch tokov nepovažujeme za významné.

Krynická jednotka, reprezentovaná predovšetkým magurským súvrstvom, je v údolnej časti križovania dolín tektonicky porušená. Meraním prietoku (tab. 5.1.4) sa overilo 30 úsekov na povrchových tokoch, z ktorých prevažujú úseky s prestupom podzemnej vody do tokov (23 úsekov) nad úsekmi so stratou prietoku na povrchových tokoch (7 úsekov). Pri úsekoch s prírastkami prietoku mediánová hodnota prietoku na 100 m  $Md = 0,76 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$  a priemerný prírastok  $1,35 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$  predstavujú najvyššie hodnoty, ktoré boli zaznamenané v študovanom území. Podobne aj pri stratách prietoku sa zaznamenali najvyššie hodnoty mediánu ( $0,73 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ ) a priemernej hodnoty ( $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}/100 \text{ m}$ ) práve v tomto horninovom prostredí. Najväčší prírastok bol zdokumentovaný na toku Topľa nad obcou Lukov (merné profily TO-2 a TO-3), kde na každých 100 m bol prírastok  $12,09 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Najväčšie straty sa zistili tiež na toku Topľa, hneď pod profilom TO-2, a to na úseku profilov TO-1 a TO-2, ktoré dosiahli hodnotu  $3,07 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Aj na ďalších tokoch boli zdokumentované prírastky, resp. straty prietoku na povrchových tokoch, pričom z hľadiska počtu prírastky vysoko dominujú nad stratovými úsekmi prietoku, a to až skoro štvornásobne. Tieto údaje poukazujú na pomerne značné porušenie pripovrchovej zóny tohto horninového prostredia, a to tak v depresnej, ako aj v elevačnej časti horninového masívu. Merania prietoku realizované vo veľmi suchom (rok 2003) a normálnom období (rok 2004) poukazujú aj na pomerne dobrú schopnosť magurského súvrstvia sústreďovať a transportovať podzemnú vodu cez pripovrchovú zónu (0 – 100 m) a výrazné tektonické zóny hlbšieho dosahu (100 – 200 m). Odrazom tejto skutočnosti je prevažujúca prítomnosť nižšej vodivosti povrchovej vody v mieste prírastku do toku, ako aj pokles teploty povrchovej vody o približne 3 °C oproti teplote na iných úsekoch.

### Kvartér

Obeh podzemnej vody v kvartérnych údolných náplavoch sa podstatne odlišuje od obehu vo flyšových horninách. Kvartérne údolné náplavy predstavujú významný hydraulický prvok v kolmom flyšovom komplexe.

Relatívne dobre priepustné štrkové sedimenty sú významným kolektorom podzemnej vody situovaným na miestnej erozívnej báze. Zásoby podzemnej vody v tomto kolektore sa vytvárajú jednak vsakovaním zrážok cez vrchnú, obyčajne menej priepustnú kryciu vrstvu (piesčité hliny, zahlinené štrky), jednak prítokom zo susedných a podložných flyšových hornín, prípadne infiltráciou z povrchových tokov. Dobre priepustné štrkové náplavy predstavujú rozsiahly drén umožňujúci prestup podzemnej vody z menej, resp. nerovnomerne priepustných flyšových hornín do povrchových tokov. Smer prúdenia podzemnej vody v údolných náplavoch je pri nízkych a stredných stavoch na povrchových tokoch určený spádom údolia a prestupmi vody z podložných a susedných flyšových hornín do náplavov a povrchového toku, t. j. celkový spád je od okrajov údolia šikmo dolu k povrchovému toku. Pri vysokých stavoch na povrchových tokoch drenážny účinok tokov ustáva a naopak, hlavne v pririečnej zóne sa náplavy napájajú tokmi. Rozkyv hladiny podzemnej vody v náplavoch podľa režimového pozorovania je od 0,44 m (vrt č. 30, COH-11) až do 1,22 m (vrt č. 39, COH-3), priemerne 0,83 m za roky 1982 – 1983 (Bajo et al., 1984). V priebehu roka hladina podzemnej vody obyčajne dosahuje najvyššie úrovne v súvislosti s topením snehovej pokrývky v marci až apríli a po výdatných zrážkach tiež v júli a auguste. Najnižšia úroveň býva koncom zimy vo februári a potom v júli.

---

## 6. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY

---

### 6.1. CHARAKTERISTIKA PROCESOV TVORBY CHEMICKÉHO ZLOŽENIA PODZEMNEJ VODY REGIÓNŮ

Procesy, ktoré sa zúčastňujú na tvorbe chemického zloženia podzemnej vody, sú v území determinované jeho geograficko-geomorfologickými, geologickými a hydrogeologickými pomermi. Podzemná voda územia pohoria Čergov v zmysle genetickej klasifikácie (Gazda, 1974) patrí k atmosférogénnym vodám a v úzkej korelácii s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia sa tu vyskytujú aj vody s petrogénnou mineralizáciou a vody fluviogénne s potamogénnou mineralizáciou formovanou v aluviálnych náplavoch povrchových tokov.

Z hľadiska dopĺňania zásob podzemnej vody sú v pohorí Čergov určujúcim faktorom atmosférické zrážky. Tie sú následne dôležité aj z hľadiska tvorby jej chemického zloženia, pretože prinášajú do horninového prostredia určitý obsah solí získaných z atmosféry a signalizujúcich najmä antropogénne znečistenie. Z tohto hľadiska sú tu rozhodujúce najmä zimné zrážky, pri ktorých sa zistilo, že najviac odrážajú dlhodobejšiu kvalitu ovzdušia. Informácie o chemickom zložení zimných zrážok (snehu) z hodnoteného územia sú z rokov 1983 – 1992 (Szabová in Bajo et al., 1994). Zo širšieho okolia (Dukla) je k dispozícii dlhodobé 10-ročné priemerné zloženie zimných zrážok (Vrana et al., 1989). Z uvedených údajov vyplýva, že zrážková voda je nositeľom pomerne významnej mineralizácie, ktorá sa pohybuje od 11 do 36 mg · l<sup>-1</sup> s pH v rozmedzí 4,2 – 6,9. Podiel tejto mineralizácie sa výraznejšie uplatňuje najmä pri nízko mineralizovanej podzemnej vode plytkého a pomerne rýchleho obehu.

Pôdny horizont na území Čergova tvoria nenasýtené hnedé pôdy až hnedé podzolované pôdy na stredne ťažkých zvetraninách paleogénnych hornín (Szabová in Bajo et al., 1994). Pri prestupe pôdnym pokryvom sa infiltrovaná zrážková voda rôzne metamorfuje v závislosti od rôznych faktorov (hrúbka pokryvu, priepustnosť, nadmorská výška, obsah organických látok a i.). Pôdnu interakciu ovplyvňuje okrem humusovo-ílovitého sorpčného komplexu aj biochemická aktivita pôdných organizmov a koreňové systémy vegetácie. Pôdny pokryv je významným zdrojom CO<sub>2</sub> a jeho rozpúšťaním v pôdných roztokoch vzniká H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Okrem procesov nitrifikácie, biochemickej produkcie organických kyselín, oxidácie minerálnej aj organicky viazanej síry sú hlavným zdrojom iónov H<sup>+</sup>.

Vypočítané hodnoty parciálneho tlaku CO<sub>2</sub> sa na väčšine skúmaného územia pohybujú v rozmedzí 0,000 1 – 0,001 MPa. Nižšie hodnoty sú charakteristické pre hrebeňové časti pohoria, kde sa lokálne vyskytujú menšie plochy charakterizované intervalom hodnôt 0,000 03 – 0,000 1 MPa, približujúcim sa k charakteristickej hodnote parciálneho tlaku CO<sub>2</sub> v povrchovej atmosfére. Najvyššie hodnoty približujúce sa k charakteristickej hodnote pre pôdny vzduch sa vyskytujú po obvode skúmaného územia v nižších polohách (obr. 6.1.1). Tieto fakty poukazujú na rýchlejšiu infiltráciu a menší vplyv pôdneho pokryvu na tvorbu chemického zloženia podzemnej vody vo vyšších polohách, pričom smerom do nižšie položených častí územia sa tento vplyv zväčšuje.

Najvýznamnejšiu fázu tvorby chemického zloženia podzemnej vody územia predstavujú interakcie hornina – voda. Celkove je flyšové horninové prostredie rôzne vápnité a budujú ho komplexy rôznych zlepcov, pieskocov a ílovcov. V klastickom materiáli zlepcov a pieskocov sú zastúpené najmä zrná kremeňa, živcov (prevažne ortoklasy, menej plagioklasy), vápencov, dolomitov, fylitov a žúl, akcesoricky sa vyskytuje pyrit, muskovit, biotit a chlorit. V ílovcoch prevažuje ílovitá substancia z minerálov skupiny montmorillonitu, illitu a kaolinitu, pri vápnitých varietach tvorí podstatnú zložku zrnitý až pelitomorfny kalcit, len 3 – 5 % tvorí siltový kremeň a niektoré rudné minerály, najmä pyrit (Eliáš, 1961). Piesčité vápence až vápnité pieskovce pročského a jarmutského súvrstvia obsahujú až 60 % zrn vápencov, dolomitov a úlomkov foraminifer (Ďurkovič in Nemčok, 1993). Je zjavné, že hlavnými mineralizačnými procesmi uplatňujúcimi sa pri tvorbe chemického zloženia dominujúcej časti podzemnej vody pohoria Čergov sú predovšetkým rozpúšťanie karbonátov a hydrolytický rozklad silikátov. V podstatne menšej miere sa uplatňuje aj oxidačná degradácia sulfidov a ionovýmienné reakcie.

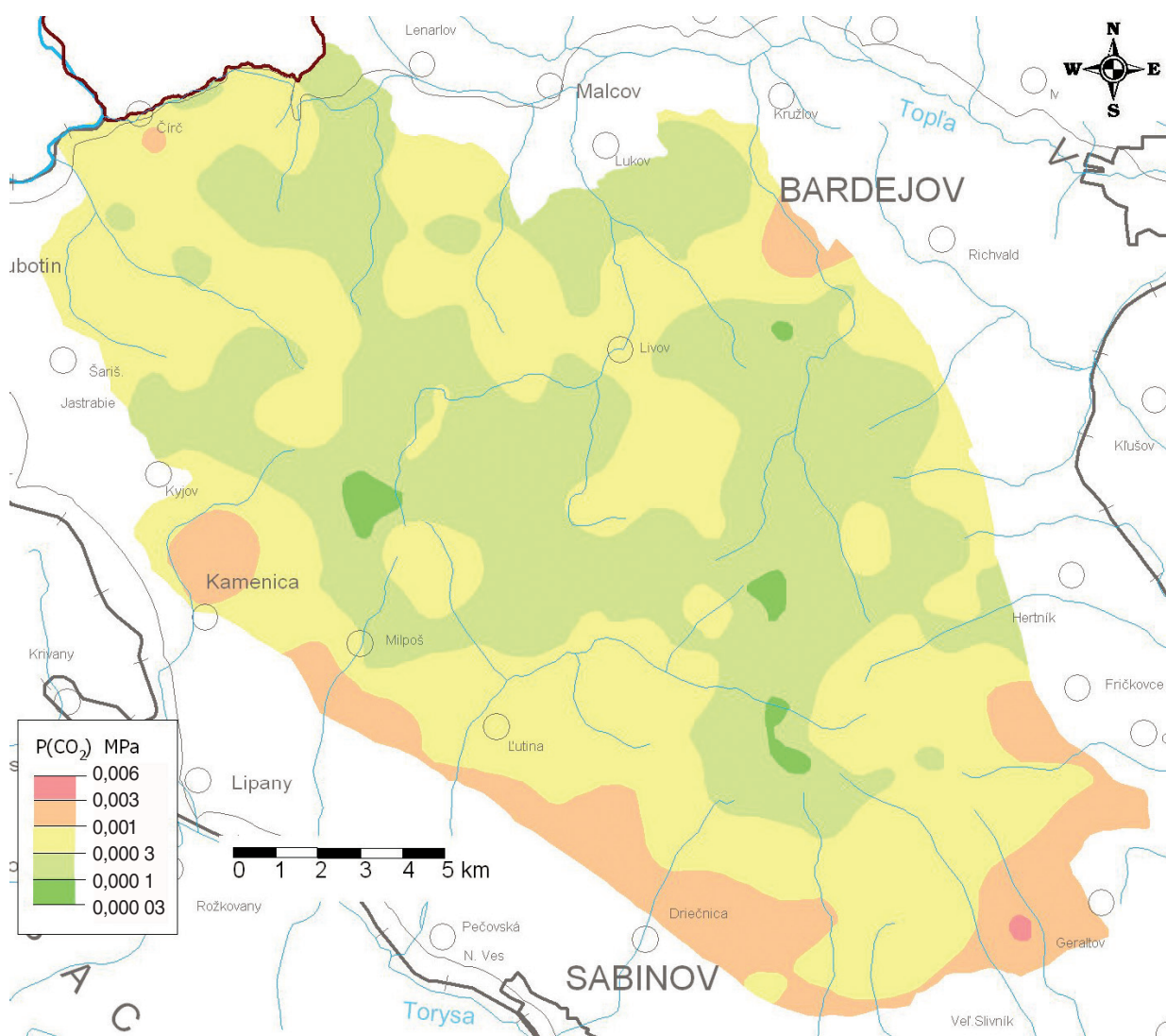
Úlohu rozpúšťania kalcitu v tvorbe chemického zloženia podzemnej vody pripovrchovej zóny skúmaného územia demonštruje prídavná mapka hydrogeochemickej mapy 1 : 50 000 hodnôt indexu ne-

Tab. 6.1.1. Chemické zloženie zimných atmosférických zrážok z územia pohoria Čergov (Szabová in Bajó et al., 1994) a širšieho okolia (Vrana et al., 1989).

Lokalita Dátum	pH	Na <sup>+</sup> mg . l <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> mg . l <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> mg . l <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> mg . l <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> mg . l <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg . l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg . l <sup>-1</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg . l <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg . l <sup>-1</sup>	M mg . l <sup>-1</sup>	Fe mg . l <sup>-1</sup>	Mn mg . l <sup>-1</sup>	Al μg . l <sup>-1</sup>	Cu μg . l <sup>-1</sup>	Zn μg . l <sup>-1</sup>	Pb μg . l <sup>-1</sup>	Cd μg . l <sup>-1</sup>	Cr μg . l <sup>-1</sup>	As μg . l <sup>-1</sup>	Hg μg . l <sup>-1</sup>	
<b>Obručné</b> 10. 1. 1991 4. 3. 1992	6,9 4,3	0,00 1,00	0,00 0,10	6,41 0,20	0,73 0,24	2,13 0,71	2,88 2,40	2,99 3,75	18,31 3,05	1,37 0,44	36,4 11,97	0,00 0,03	0,00 0,00	20 -	2 10	70 80	0 7,7	0 0,1	- 3	10 2	0,2 0,5	
	<b>Križce</b> 9. 1. 1991 4. 3. 1992	5,7 4,5	2,00 1,00	0,00 0,10	1,52 0,40	0,24 0,24	0,71 0,87	6,72 2,40	1,97 1,62	3,05 3,05	0,43 1,28	17,97 11,05	1,19 0,03	0,00 0,00	2 -	2 16	70 95	- 0,9	0 0,2	10 -	1 -	0,1 0,35
<b>Livovská Huta</b> 24. 3. 1983 9. 1. 1991 4. 3. 1992		6,3 5,8 4,2	0,71 2,01 1,50	0,30 0,00 0,20	2,00 0,96 0,20	1,70 0,29 0,49	1,21 1,06 1,77	2,47 5,76 2,40	1,10 1,74 3,10	12,2 1,83 3,05	0,20 0,80 0,47	24,85 15,03 13,25	0,12 0,02 0,09	0,02 0,00 0,00	- 2 -	16 2 15	180 70 95	11 0 14	0 0 0	- 1 0	2 1 2	- 0 0,35
	<b>Majdan</b> 26. 2. 1982 24. 3. 1983	5,4 5,7	0,95 0,20	0,30 0,20	2,40 2,00	1,22 1,46	0,64 0,71	7,00 2,47	3,30 1,10	12,2 12,2	1,09 0,26	31,08 32,90	0,04 0,06	0,02 0,01	- -	10 11	177 110	15 11	60 2	0 2	2 2	- -
		<b>Čirč</b> 24. 3. 1983	6,3	0,40	1,60	1,70	1,21	2,47	1,10	12,2	0,17	24,85	0,10	0,01	-	16	200	11	2	3	2	-
<b>Hertník</b> 1. 3. 1982	4,3	0,50	0,40	2,80	1,22	0,71	6,58	4,00	12,2	1,60	33,86	0,08	0,03	-	6	200	11	2	3	2	-	
<b>Dukla</b> n = 10 1976 – 1985 x Min Max	4,43 3,9 6,1	0,41 0,03 1,35	0,28 0,05 1,03	1,59 0,45 3,95	0,29 0,03 0,60	3,42 1,05 8,30	7,62 3,55 18,41	3,88 1,40 6,80		1,25 0,48 2,42	22,93 10,4 41,98	0,52 0,03 2,60	0,03 0,01 0,90	n = 7 902 170 2 400	7 1 16	54 14 100	28 10 90					

rovnovážnosti podzemnej vody vo vzťahu ku kalcitu  $I_c$  (príloha 8). Väčšinu jeho rozlohy charakterizuje rozsah hodnôt  $I_c$  od  $-0,25$  do  $0,25$ , čo poukazuje na tvorbu chemického zloženia podzemnej vody v rovnovážnych podmienkach vo vzťahu k tomuto minerálu. Značne rozsiahle je však aj rozšírenie výskytu podzemnej vody mierne nedosýtenej vo vzťahu ku kalcitu ( $I_c < 0,25$ ), spadajúce predovšetkým do priestoru hrebeňových častí pohoria. Podzemná voda presýtená kalcitom ( $I_c > 0,25$ ) tvorí len sporadické výskytu malého plošného rozsahu.

Indexy nerovnovážnosti vo vzťahu k ďalším minerálnym fázam, odvodené na základe hydrogeochemického modelovania údajov z vybraných vzoriek podzemnej vody programom PHREEQC 2 (Parkhurst a Appelo, 1999), sú uvedené v tabuľkách 6.1.2, 6.1.3 a 6.1.4. Zistené hodnoty indexov nerovnovážnosti potvrdzujú významnú úlohu rozpúšťania karbonátov pri tvorbe mineralizácie vody všetkých vyčlenených hydrogeochemických typov. Okrem nasýtenia kalcitom sa objavuje aj nasýtenie, prípadne slabé nedosýtenie aragonitom a dolomitom. Všetky typy vody sú nedosýtené sadrovcom. Hoci sadrovec sa môže v daných podmienkach rozpúšťať, horninové prostredie neobsahuje jeho dostatočné množstvo na dosiahnutie rovnováhy. Plagioklasy sú zväčša nestabilné a rozpúšťajú sa, hoci lokálne môže systém plagioklas – roztok dosiahnuť rovnovážny stav. Stabilita K-živca je priestorovo premenlivá, miestami môže dosahovať rovnováhu. K-sľuda a kremeň sú stabilné a nerozpúšťajú sa, podobne aj gibbsit. Ílové minerály sú stabilné, pričom najstabilnejším sa javí kaolinit a na proces rozpúšťania Ca-montmorillonitu za vzniku kaolinitu sú rovnovážne podmienky. Systémy živcov – kaolinit sú v nerovnováhe, čo znamená, že sodík, vápnik a draslík môžu prechádzať pri rozpúšťaní živcov do roztoku za vzniku kaolinitu.



Obr. 6.1.1. Parciálny tlak  $CO_2$  odvodnený pre podmienky tvorby chemického zloženia podzemnej vody pripovrchovej zóny predkvartérnych hornín skúmaného územia, M 1 : 200 000.

Tab. 6.1.2. Odchýlky podzemnej vody pieskocov magurského súvrstvia odvodňovaných prameňmi od chemickej rovnováhy (podfarbené sú hodnoty indikujúce rovnovážny stav).

Litologické zloženie	Magurské súvrstvie – pramene								
	151	156	243	227	42	82	164	64	189
Číslo na mape	151	156	243	227	42	82	164	64	189
Číslo vzorky	11 357	11 360	4 341	13 958	11 318	30	14 001	11 451	17
Teplota vody	7,2	6,2	7	7,2	8,3	7,1	7,2	7	7,2
pH	7,82	7,70	7,56	7,87	7,57	7,69	8,08	8,30	7,99
Iónová sila	0,006 6	0,006 8	0,006 3	0,006 7	0,007 3	0,004 2	0,004 3	0,003 9	0,003 2
log a <sub>CO2</sub>	-3,81	-3,65	-3,60	-3,88	-3,61	-3,85	-4,31	-4,56	-4,34
I <sub>kalcit</sub>	0,26	0,15	-0,12	0,24	-0,18	-0,24	0,09	0,24	-0,23
I <sub>aragonit</sub>	0,10	-0,01	-0,27	0,09	-0,33	-0,40	-0,07	0,08	-0,38
I <sub>dolomit</sub>	-0,16	-0,30	-0,75	0,01	-0,46	-1,07	-0,39	-0,08	-1,12
I <sub>sadrovec</sub>	-2,25	-2,25	-2,06	-2,10	-2,09	-2,43	-2,31	-2,39	-2,54
I <sub>albit</sub>	-2,04	-2,07	-0,66	-2,77	-2,52	-2,80	-3,40	-1,92	-3,01
I <sub>anortit</sub>	-2,58	-3,09	0,09	-3,42	-2,90	-3,35	-4,26	-1,13	-3,54
I <sub>K-živec</sub>	-0,25	-0,24	1,30	-0,85	-0,35	-0,88	-2,43	-0,19	-0,76
I <sub>K-sľuda</sub>	8,23	7,98	12,99	6,94	8,50	7,63	4,35	9,28	7,16
I <sub>chlorit</sub>	-4,66	-5,81	-3,49	-4,37	-4,71	-6,98	-4,60	0,20	-5,58
I <sub>kremeň</sub>	0,48	0,54	0,52	0,39	0,42	0,33	0,34	0,36	0,26
I <sub>SiO2 (a)</sub>	-0,90	-0,85	-0,87	-1,00	-0,96	-1,06	-1,05	-1,03	-1,12
I <sub>gibbsit</sub>	1,48	1,36	3,09	1,13	1,66	1,50	0,63	1,98	1,20
I <sub>AlOH3 (a)</sub>	-1,38	-1,52	0,23	-1,73	-1,19	-1,37	-2,23	-0,88	-1,66
I <sub>kaolinit</sub>	4,69	4,55	7,97	3,80	4,93	4,40	2,69	5,44	3,69
I <sub>illit</sub>	2,30	2,13	5,91	1,25	2,43	1,59	-0,59	3,18	1,16
I <sub>Ca-montmorillonit</sub>	3,40	3,24	7,17	2,24	3,50	2,78	0,93	4,22	1,95
I <sub>albit-kaolinit</sub>	-3,55	-3,51	-3,82	-3,84	-4,16	-4,17	-3,91	-3,81	-4,02
I <sub>anortit-kaolinit</sub>	-5,64	-5,96	-6,24	-5,59	-6,24	-6,11	-5,32	-4,93	-5,60
I <sub>mikroklin-kaolinit</sub>	-1,69	-1,60	-1,78	-1,83	-1,90	-2,17	-2,86	-2,00	-1,69
I <sub>illit-kaolinit</sub>	-1,32	-1,32	-1,48	-1,34	-1,46	-1,70	-1,91	-1,29	-1,30
I <sub>Ca-montmorillonit-kaolinit</sub>	-0,16	-0,14	-0,22	-0,28	-0,34	-0,45	-0,30	-0,21	-0,44
I <sub>kaolinit-gibbsit</sub>	1,11	1,21	1,17	0,91	0,99	0,79	0,81	0,86	0,67

Tab. 6.1.3. Odchýlky podzemnej vody paleogénnych sedimentov a jurských vápencov odvodňovaných prameňmi od chemickej rovnováhy.

Litologické zloženie	ms	ms	bs	ms	js	js	ps	ps	kv	cp
Číslo na mape	12	270	267	1	114	134	228	18	22	86
Číslo vzorky	11 536	4 324	4 336	11 324	4 229	4 236	4 347	11 317	11 316	4 227
Teplota vody	7,1	9,2	8,1	8,9	9	7,2	7,2	9,8	8,9	9
pH	7,36	7,13	7,60	7,46	7,52	7,25	7,65	7,50	7,58	7,59

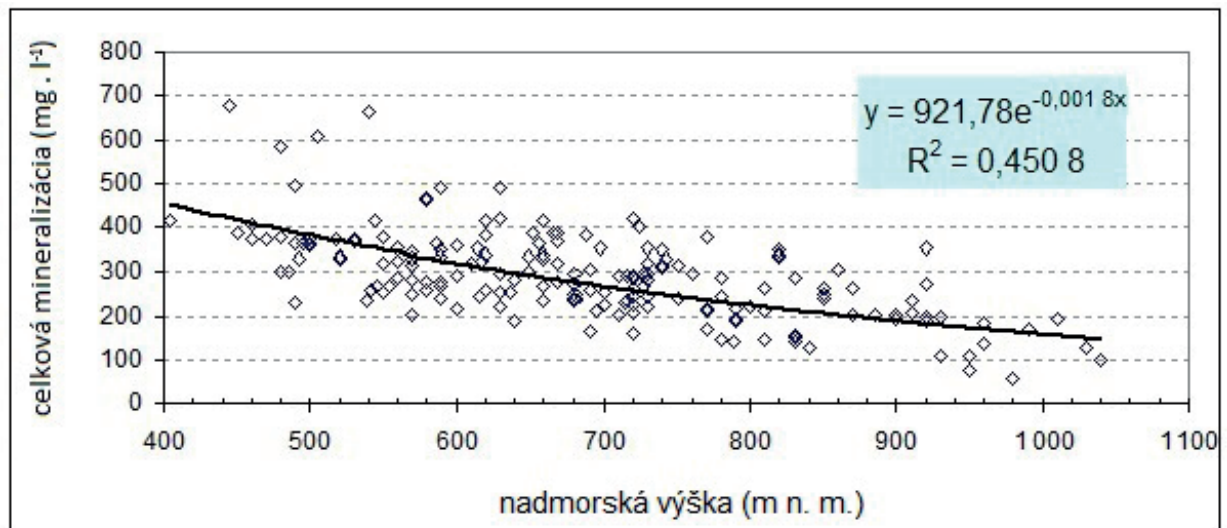
Tab. 6.1.3 – pokračovanie.

Litologické zloženie	ms	ms	bs	ms	js	js	ps	ps	kv	cp
Iónová sila	0,010 3	0,011 4	0,010 0	0,007 6	0,010 0	0,012 1	0,007 7	0,007 8	0,007 2	0,009 3
log a <sub>CO2</sub>	-3,19	-2,89	-3,44	-3,40	-3,36	-3,06	-3,64	-3,43	-3,56	-3,43
I <sub>kalcit</sub>	0,12	0,02	0,29	0,05	0,27	0,03	0,12	0,06	0,01	0,33
I <sub>aragonit</sub>	-0,03	-0,14	0,14	-0,11	0,11	-0,13	-0,03	-0,09	-0,15	0,17
I <sub>dolomit</sub>	-0,44	-0,47	0,21	-0,50	0,07	-0,42	-0,32	-0,21	-0,28	0,13
I <sub>sadrovec</sub>	-1,69	-1,79	-1,96	-2,04	-1,78	-1,58	-1,85	-2,10	-2,08	-1,93
I <sub>albit</sub>	-0,91	-1,41	0,83	-2,88	-1,16	-0,75	-0,08	-2,24	-2,81	-1,40
I <sub>anortit</sub>	-0,67	-1,85	1,99	-3,26	-0,60	-0,02	1,20	-2,09	-3,03	-1,33
I <sub>K-živce</sub>	0,99	0,22	2,60	-0,68	0,51	1,27	1,83	-0,43	-0,87	-0,02
I <sub>K-sfuda</sub>	12,03	10,36	15,53	7,72	11,37	13,30	14,24	9,19	7,90	9,92
I <sub>chlorit</sub>	-5,75	-7,59	0,29	-7,39	-3,36	-5,02	-1,47	-4,82	-5,29	-3,81
I <sub>kremeň</sub>	0,54	0,52	0,68	0,43	0,43	0,49	0,56	0,35	0,30	0,47
I <sub>SiO2 (a)</sub>	-0,85	-0,85	-0,70	-0,94	-0,94	-0,90	-0,82	-1,02	-1,07	-0,90
I <sub>gibbsit</sub>	2,77	2,31	3,71	1,44	2,67	3,25	3,45	2,05	1,62	2,21
I <sub>AlOH3 (a)</sub>	-0,01	-0,53	0,85	-1,41	-0,17	0,39	0,58	-0,79	-1,22	-0,64
I <sub>kaolinit</sub>	7,37	6,43	9,53	4,50	6,98	8,24	8,78	5,57	4,62	6,12
I <sub>illit</sub>	5,13	3,83	8,12	1,76	4,66	6,04	6,98	2,89	1,85	3,63
I <sub>Ca-montmorillonit</sub>	6,46	5,32	9,26	3,04	5,96	7,38	8,22	4,19	3,02	5,03
I <sub>albit-kaolinit</sub>	-3,76	-3,79	-3,10	-4,30	-3,82	-4,04	-3,64	-4,19	-4,29	-3,63
I <sub>anortit-kaolinit</sub>	-6,40	-6,72	-5,94	-6,19	-6,01	-6,63	-5,95	-6,11	-6,07	-5,87
I <sub>mikroklin-kaolinit</sub>	-1,78	-2,08	-1,25	-2,02	-2,06	-1,93	-1,64	-2,30	-2,27	-2,17
I <sub>illit-kaolinit</sub>	-1,57	-1,79	-1,06	-1,64	-1,59	-1,66	-1,34	-1,74	-1,69	-1,64
I <sub>Ca-montmorillonit-kaolinit</sub>	-0,21	-0,27	0,06	-0,30	-0,27	-0,32	-0,10	-0,39	-0,46	-0,20
I <sub>kaolinit-gibbsit</sub>	1,21	1,21	1,51	1,03	1,03	1,12	1,27	0,87	0,77	1,10

Vysvetlivky: ms – malcovské súvrstvie, bs – belovežské súvrstvie, js – jarmutské súvrstvie, ps – pročské súvrstvie, kv – krinoidové vápence jury, cp – ílovice centrálneokarpatského paleogénu. Podfarbené sú hodnoty indikujúce rovnovážny stav.

Infiltrovaná voda z atmosférických zrážok sa akumuluje v zóne zvetrávania a rozvoľnenia horninového masívu a vytvára plytší, viac-menej súvislý horizont. K odvodňovaniu dochádza čiastočne už vo vyšších polohách v podobe množstva menších svahových sutinových prameňov alebo puklinových a puklinovo-sutinových prameňov z pripovrchovej zóny rozvoľnenia masívu. Pretože v týchto prípadoch ide o plytký obeh podzemnej vody, na mineralizačné procesy má okrem hydrolytickej kapacity vodných roztokov a stability horninotvorných minerálov významný vplyv najmä variabilita teploty a atmosférický kyslík.

V prípade prameňov odvodňujúcich pripovrchovú zónu magurského súvrstvia na území Čergova sme regresnou analýzou súboru s počtom údajov  $n = 183$  zistili štatisticky významnú závislosť medzi celkovou mineralizáciou podzemnej vody a nadmorskou výškou prameňa, reprezentovanú exponenciálnou regresnou krivkou tvaru  $CM = 921,78e^{-0,0018z}$  (kde  $CM$  je celková mineralizácia v  $mg \cdot l^{-1}$  a  $z$  je nadmorská výška v m n. m.) s regresným koeficientom  $R = 0,67$ . Trend znižovania hodnôt celkovej mineralizácie podzemnej vody smerom do vyššie položených častí pohoria súvisí pravdepodobne najmä so zvyšujúcou



Obr. 6.1.2. Závislosť hodnôt celkovej mineralizácie podzemnej vody plytkého obehu v prostredí strihovských vrstiev od nadmorskej výšky výveru.

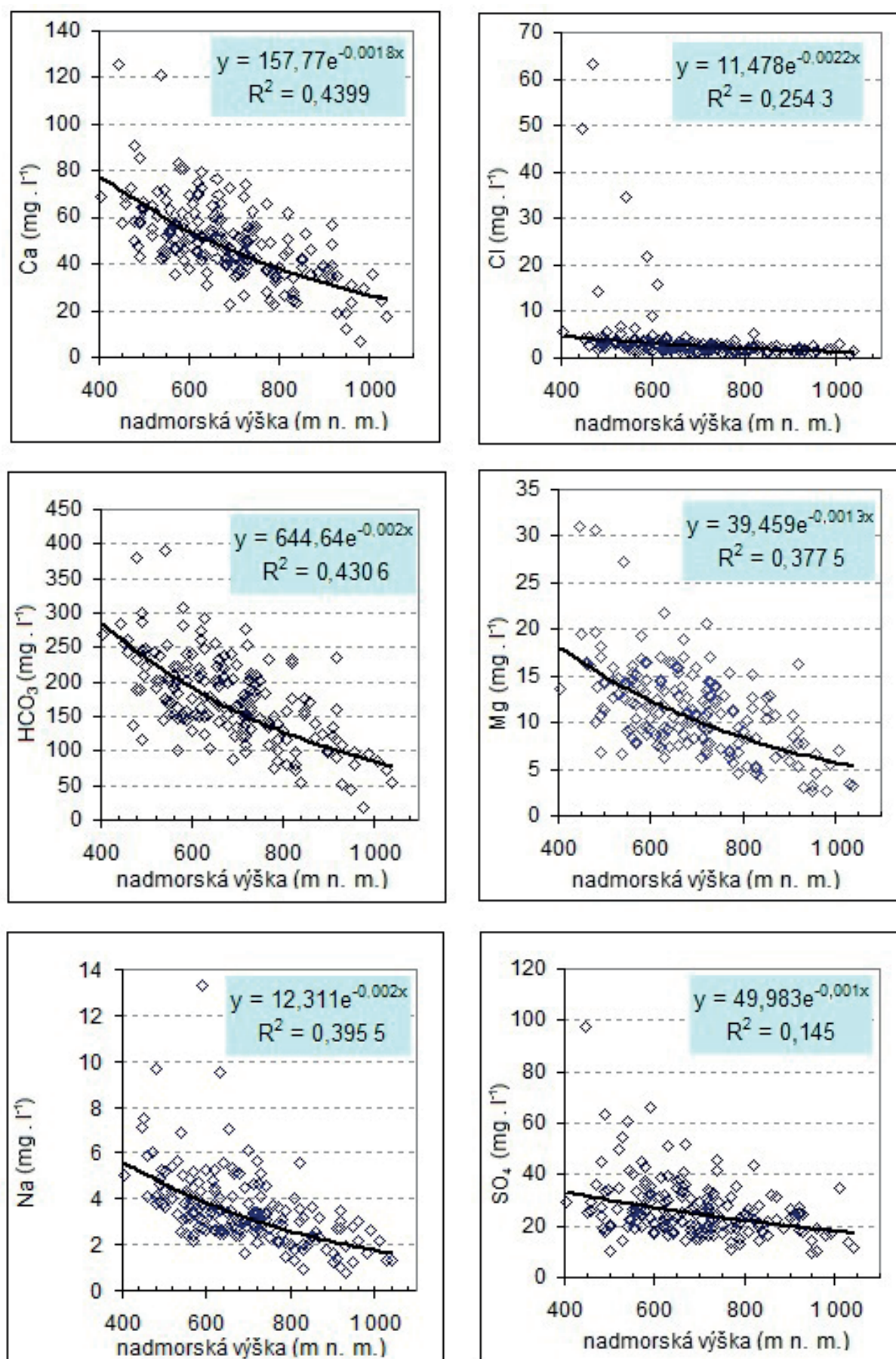
sa rýchlosťou obehu vody v členitejšom teréne, s poklesom teploty prostredia obehu a menším plošným zastúpením pôdnych horizontov. Tento trend sa prejavuje aj pri koncentrácii hlavných iónov, hlavne  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Na}^+$ , menej výrazne pri koncentrácii  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{Cl}^-$  (obr. 6.1.3). Najvýraznejšie nárasty koncentrácie s klesajúcou nadmorskou výškou sa prejavujú pri hydrogenuhličitanových aniónoch, keď charakteristická hodnota okolo  $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{HCO}_3^-$  pre nadmorskú výšku 1 000 m stúpa na  $280 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  na úrovni 400 m n. m. (regresný koeficient  $R = 0,656$ ). Obsah vápnika stúpa obdobne z  $30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  na  $80 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $R = 0,663$ ), síranov z 20 na  $32 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $R = 0,381$ ), horčíka z 5 na  $18 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $R = 0,614$ ), sodíka z 2 na  $6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $R = 0,629$ ) a chloridov z 2 na  $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $R = 0,504$ ).

Teplota vody prameňov je pomerne nízka a približne zodpovedá priemernej ročnej teplote miesta ich výstupu. Vyššou teplotou sa vyznačuje voda relatívne hlbšieho obehu zachytená vo vrtoch (COH-1, COH-2). Vplyv atmosférického kyslíka a tým aj priebeh oxidačných procesov (najmä oxidácia sulfidov) je charakteristický pre plytký podpovrchový beh podzemnej vody. Výrazné oxidačné prostredie zasahuje približne do hĺbky 50 m a výrazné redukčné prostredie sa začína v hĺbke okolo 200 m (Bajo et al., 1984).

Výsledkom prevažne plytkého a rýchleho obehu podzemnej vody s krátkodobým stykom s horninovým prostredím je celkovo nízka mineralizácia podzemnej vody vo väčšine prameňov a jej nenasýtenosť z hľadiska obsahu ( $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ )  $\text{Ca} + \text{Mg}$  (Szabová in Bajo et al., 1994).

V prípadoch priaznivých tektonických pomerov a tektonického porušenia horninového masívu zostupuje podzemná voda do väčšej hĺbky pod eróznou bázou územia. Jej prirodzený výstup v prameňoch je viazaný na najintenzívnejšie tektonické rozrušenie v miestach križovania tektonických línií, resp. je zachytená v hlbších vrtoch situovaných na týchto líniách kopírujúcich údolia hlavných povrchových tokov. Interakcia podzemnej vody s horninovým prostredím je v týchto prípadoch dlhšia, minerálne procesy fázového rozhrania hornina – voda majú možnosť byť nasýtenejšie a výsledkom je vyššia mineralizácia tejto vody (napr. pramene Jakovany, Lutina, Hanigovce, Červená Voda, Osikov a vrty COH-5 Drienica, COH-16 Kríže a COH-119).

So zväčšujúcou sa hĺbkou obehu podzemnej vody sa menia oxidačno-redukčné, hydrodynamické, termodynamické aj hydrogeochemické podmienky. Klesá tu podiel uplatňovania oxidačných procesov a procesov rozpúšťania karbonátov a vzrastá podiel ionovýmenných procesov ( $\text{Ca} \rightarrow \text{Na}$ ). V podzemnej vode sa to prejavuje elimináciou zložky  $\text{Ca}-\text{SO}_4$  a nárastom zložky  $\text{Na}-\text{HCO}_3$ . V území sa to najvýraznejšie prejavuje v podzemnej vode, overenej predovšetkým v hlbokých vrtoch COH-4, COH-16, COH-119 a COH-123, ale aj v niektorých hlbšie založených a využívaných prameňoch (Závadka), a najmä v podzemnej vode zachytenej v kopaných studniach (Majdan, Kamenica, Milpoš, Hradisko, Červená Voda). Indexy nerovnovážnosti vody hlbšieho obehu zachytenej vrtní dosahujú podobné intervaly hodnôt ako v prípade podzemnej vody plytkého obehu vyvierajúcej v prameňoch (tab. 6.1.4).



Obr. 6.1.3. Závislosť koncentrácie hlavných iónov podzemnej vody plytkého obehu v prostredí magurského súvrstvia od nadmorskej výšky výveru.



Tab. 6.1.4. Odchýlky podzemnej vody pieskocov magurského súvrstvia zachytenej vrtmi od chemickej rovnováhy (podfarbené sú hodnoty indikujúce rovnovážny stav).

Litologické zloženie	Magurské súvrstvie – vrty				
	102	117	149	252	73
Číslo na mape					
Vrt	COH-1	COH-102	COH-104	COH-127	COH-110
Teplota vody	8	8,7	8,2	8	7,4
pH	7,7	7,75	7,75	7,65	7,70
Iónová sila	0,005 9	0,006 0	0,005 7	0,005 9	0,008 9
log $a_{\text{CO}_2}$	-3,78	-3,83	-3,81	-3,69	-3,76
$I_{\text{kalcit}}$	-0,08	0,00	-0,03	-0,15	-0,05
$I_{\text{aragonit}}$	-0,23	-0,15	-0,19	-0,31	-0,20
$I_{\text{dolomit}}$	-0,50	-0,36	-0,45	-0,57	-0,50
$I_{\text{sadrovec}}$	-2,14	-2,08	-2,29	-2,27	-2,21
$I_{\text{albit}}$	-1,00	-3,21	-1,59	-0,01	-1,08
$I_{\text{anortit}}$	-1,57	-3,95	-3,26	-0,81	-1,32
$I_{\text{K-zivec}}$	0,60	-1,56	-0,04	1,14	0,79
$I_{\text{K-sfuda}}$	10,03	6,31	7,87	11,43	10,58
$I_{\text{chlorit}}$	-3,24	-5,65	-4,97	-2,72	-3,30
$I_{\text{kremeň}}$	0,67	0,17	0,54	0,70	0,63
$I_{\text{SiO}_2(a)}$	-0,71	-1,21	-0,84	-0,68	-0,75
$I_{\text{gibbsit}}$	1,96	1,17	1,20	2,39	2,14
$I_{\text{AlOH}_3(a)}$	-0,90	-1,68	-1,65	-0,47	-0,72
$I_{\text{kaolinit}}$	6,01	3,44	4,23	6,93	6,30
$I_{\text{illit}}$	3,93	0,49	2,04	5,01	4,27
$I_{\text{Ca-montmorillonit}}$	5,14	1,51	2,91	6,22	5,42
$I_{\text{albit-kaolinit}}$	-3,17	-4,10	-2,87	-2,65	-3,40
$I_{\text{anortit-kaolinit}}$	-5,98	-5,81	-5,90	-6,14	-6,00
$I_{\text{mikroklín-kaolinit}}$	-1,49	-2,36	-1,25	-1,41	-1,45
$I_{\text{illit-kaolinit}}$	-1,21	-1,70	-1,05	-1,18	-1,19
$I_{\text{Ca-montmorillonit-kaolinit}}$	0,04	-0,59	-0,12	0,05	-0,02
$I_{\text{kaolinit-gibbsit}}$	1,48	0,50	1,23	1,55	1,41

Voda s potamogénnou mineralizáciou je podzemná voda fluvialných kvartérnych sedimentov poriečnych nív povrchových tokov v celej oblasti. Jej hlavným zdrojom je voda povrchových tokov, ktorá so sebou prináša vlastnú, pomerne vysokú mineralizáciu. Ďalšími faktormi formovania jej chemického zloženia sú úzka hydraulická spojitosť podzemnej vody údolnej nivy s povrchovým tokom a jej zmeny v priestore a čase, rôzny vplyv priamo infiltrujúcich zrážok, rozptyl vody z podložných zvodní a tiež drenáž plytkej podzemnej vody z príľahlých svahov. Je zrejmé, že chemické zloženie tejto vody sa viac ako mineralizačnými procesmi formuje miešaním vody rôzneho pôvodu, s rôznym chemickým zložením a rôznou mineralizáciou. Veľmi významnú úlohu zohráva aj sekundárne antropogénne znečistenie, ktoré sa v tejto vode prejavuje najmä zvýšeným obsahom chloridov a dusičnanov.

## 6.2. CHARAKTERISTIKA A KLASIFIKÁCIA CHEMICKÉHO ZLOŽENIA PODZEMNEJ VODY

Ako sme už uviedli, hlavnými mineralizačnými procesmi uplatňujúcimi sa pri tvorbe chemického zloženia podzemnej vody pohoria Čergov je predovšetkým rozpúšťanie karbonátov, resp. aj síranov, a hydrolytický rozklad silikátov na fázovom rozhraní voda – hornina. V podstatne menšej miere sa tu uplatňuje aj oxidačná degradácia sulfidov a ionovýmenné reakcie. Výsledkom pôsobenia týchto procesov je to, že v území dominuje podzemná voda s rôznym zastúpením karbonátogénnej a karbonátogénno-silikátogénnej mineralizácie s rôznym, prevažne však malým podielom sulfátovej zložky. Mineralizácia vody aluviálnych náplavov tokov je modifikovaná miešaním vody a prínosom kontaminantov antropogénneho pôvodu (potamogénna mineralizácia).

Vzhľadom na typ priepustnosti a mineralogicko-petrografický charakter rôzne vápnitých paleogénnych súvrství je miera uplatnenia týchto dvoch hlavných procesov podmienená najmä obsahom vápnitej zložky v horninovom prostredí. Táto charakteristika horninového prostredia je dôležitá, pretože v podmienkach paleogénnych flyšových komplexov môže jednému genetickému typu podzemnej vody zodpovedať viacero litostratigrafických celkov (Jetel, 1999).

Táto mapa bola zostavená podľa smernice MŽP SR č. 9/2004-7, ktorá vychádza z metodiky ŠGÚDŠ na zostavovanie základných hydrogeochemických máp (Rapant a Bodiš, 2003). Táto metodika je založená na farebnom zobrazení kvalitatívnych charakteristík podzemnej vody. Vyčlenené hydrogeochemické skupiny podzemnej vody sú charakterizované v dopĺňujúcej tabuľke priamo na liste mapy.

Vychádzajúc zo základných prác o výklade genetických procesov (Gazda, 1971; Gazda, 1975 a i.), z výsledkov všetkých doteraz vykonaných prác v území a tiež z aplikácie poznatkov zistených v rámci iných úloh (Jetel, 1999) aj v rámci našich prác na našej hydrogeochemickej mape v mierke 1 : 50 000 možno stručne vymedziť a charakterizovať genetické typy podzemnej vody v skúmanom území.

### ***Podzemná voda s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou***

Je to podzemná voda súvrství hrubopsamitického flyšu s puklinovou priepustnosťou, predovšetkým magurského súvrstvia krynickej litofaciálnej jednotky (piesčité ílovce, hrubozrnné pieskovce, konglomeráty, pieskovce so závalkami ílovcov) vonkajšieho flyšu, ktoré v podstate budujú pohorie Čergov a priestorovo sú najrozšírenejšie. Z hľadiska podstatne menšieho priestorového rozšírenia možno k nim priradiť aj pestré súvrstvia červených a zelených ílovcov s Mn konkréciami a vložkami tenkolavicových pieskovcov krynickej litofaciálnej jednotky a pestré vrstvy v pročskom súvrství. Tektonické prepracovanie týchto členov podmieňuje ich vystupovanie v hlavnom horninovom komplexe magurského súvrstvia len v podobe úzkych pruhov.

Do horninového prostredia s podzemnou vodou tohto genetického typu patrí aj spodná časť malcovského súvrstvia bystrickej jednotky – bez vápnitej zložky, ktorá vo vymedzenom území má len malé rozšírenie na jeho sz. okraji.

### ***Podzemná voda s karbonátogénnou a silikátogénnou mineralizáciou***

Je to podzemná voda viazaná na vápnité súvrstvia ílovcovo-pieskovcového flyšu s puklinovou priepustnosťou, ktoré patria k časti malcovského súvrstvia bystrickej litofaciálnej jednotky vonkajšieho flyšu s významným obsahom vápnitej zložky (sivé vápnité ílovce a pieskovce, pelokarbonáty) a k belovežskému súvrstviu (pestré ílovce s lavicami vápnitých pieskovcov). Vyskytujú sa v obmedzenej miere len na s., sz. a sv. okraji hodnoteného územia.

### ***Podzemná voda s karbonátogénnou a karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou***

Je to podzemná voda viazaná na prevažne vápnité súvrstvia pieskovcového flyšu s puklinovou priepustnosťou, ktoré v území predstavuje karbonátový flyš pročského a jarmutského súvrstvia paleogénu bradlového pásma (piesčité vápence, resp. vápnité pieskovce a konglomeráty, siltovce, sliene a vápnité ílovce). Vystupuje v širokom pruhu pozdĺž jz. hranice hodnoteného územia.

### ***Podzemná voda s prevažne karbonátogénnou mineralizáciou***

Mineralizácia tejto podzemnej vody sa formuje vo vápnitých sedimentoch s puklinovou priepustnosťou. Možno k nim zaradiť sliene, slienité vápence a rádiolaritové vápence vyskytujúce sa ako rôzne veľké trosky mezozoika v zóne bradlového pásma. Vzhľadom na pomerne izolovaný výskyt je možné

k nim priradiť aj rozličné hľuznaté a krinoidové vápence jurského veku bradlového pásma. Predstavujú ich karbonátové horniny s puklinovo-krasovým typom priepustnosti s formovaním karbonátogénnej mineralizácie podzemnej vody.

### ***Podzemná voda s potamogénnou a polygénnou mineralizáciou***

Mineralizácia tejto vody sa formuje v kvartérnych aluviálnych náplavoch povrchových tokov, ktoré predstavujú rôzne piesčité a hlinité štrky prekryté hlinami. V území sú najvýznamnejšie v údoliach hornej Tople, Lutinky, Ternianky, potokov Olšavec, Slatvinec, Soliská a ďalších.

### **Chemické zloženie podzemnej vody a jej klasifikácia**

Na základe vymedzenia uvedených litostratigrafických celkov s príslušným charakterom priepustnosti boli štatisticky spracované výsledky chemických analýz vzoriek podzemnej vody z databázy. Základné štatistické parametre sú uvedené v tabuľkách 6.2.1 až 6.2.6. Chemické zloženie podzemnej vody je charakterizované podľa Palmerovej chemickej klasifikácie upravenej S. Gazdom (Gazda, 1971). Systemizačné grafy chemického zloženia podzemnej vody vyčlenených litostratigrafických celkov sú na obr. 6.2.1 až 6.2.4.

### ***Súvrstvia hrubopsamitického flyšu s puklinovou priepustnosťou***

Je to podzemná voda prevažne hrubopsamitického flyšu magurského súvrstvia krynickej litofaciálnej jednotky (piesčité ílovce, hrubozrnné pieskovce, mikrokonglomeráty, pieskovce so závalkami ílovcov, exotické zlepenice) magurskej tektonickej jednotky vonkajšieho flyšu, ktoré v podstate budujú pohorie Čergov a priestorovo sú najrozšírenejšie. Možno sem zahrnúť aj pestré súvrstvia červených a zelených ílovcov s Mn konkréciami a vložkami tenkolavicových pieskovcov krynickej litofaciálnej jednotky, ktorých tektonické prepracovanie podmieňuje ich vystupovanie v hlavných hrubopsamitických komplexoch v podobe rôzne úzkych pruhov.

Do horninového prostredia s podzemnou vodou tohto genetického typu patrí aj časť pestrých vrstiev pročského súvrstvia bez vápnitej zložky, ktorá však vo vymedzenom území má len malé rozšírenie na jeho sz. okraji.

### ***Podzemná voda vystupujúca v prameňoch***

Podzemná voda prameňov je zastúpená výrazne vyhranenými ( $H_T$  0,33 – 0,53) výraznými základnými Ca–Mg–HCO<sub>3</sub> typmi (rMg/rCa 0,3 – 0,7) s mineralizáciou v pomerne širokom rozsahu (58,15 – 676,38 mg · l<sup>-1</sup>), v priemere 288,61 mg · l<sup>-1</sup> (medián 283,87 mg · l<sup>-1</sup>), poukazujúcou najmä na hĺbku jej obehu. Hlavný podiel na mineralizácii má zložka A<sub>2</sub> (77,12 c . z %), pričom obsah Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup> sa pohybuje v priemere okolo 61,5 mg · l<sup>-1</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 175 mg · l<sup>-1</sup> a Na + K len okolo 4 mg · l<sup>-1</sup>. Zložka A<sub>1</sub> v zložení takmer chýba (tab. 6.2.1). Zastúpenie S<sub>2</sub> je v priemere 17,51 c . z %, pričom hlavný podiel tvorí S<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>), 14,87 c . z %. Priemerný obsah SO<sub>4</sub> je okolo 26,8 mg · l<sup>-1</sup> (medián 24,8 mg · l<sup>-1</sup>).

Dominantné zastúpenie zložiek Ca–Mg–HCO<sub>3</sub>–(SO<sub>4</sub>) v chemickom zložení podzemnej vody dokumentujú aj zistené vysoké (Ca) až veľmi vysoké (Mg) korelačné koeficienty medzi týmito zložkami (tab. 6.2.7). Tesné korelačné vzťahy Na<sup>+</sup> k HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> tu poukazujú už na čiastočné uplatnenie ionovýmenných procesov v mineralizácii podzemnej vody v prípade jej hlbšieho obehu.

Tab. 6.2.1. Štatistické údaje o chemickom zložení podzemnej vody prameňov hrubopsamitického flyšu.

	n	% pod d. l.	Aritm. priemer	Medián	Odhad štand. odchýlky	Min.	Max.	25. percentil	75. percentil	HV 95 %
pH	183		7,75	7,74	0,33	6,35	8,90	7,54	7,97	0,05
MEV ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	183		324	313	110	75	730	250	393	15,94
CHSK <sub>Mn</sub>	183		1,44	1,24	0,78	0,00	5,44	0,96	1,76	0,11
O <sub>2</sub> mg	178		7,54	7,55	2,02	1,30	11,80	6,20	8,90	0,30
O <sub>2</sub> %	178		68,0	70,6	19,3	8,1	109,6	55,6	81,5	2,84
Li	90	0	0,004	0,004	0,003	0,001	0,016	0,002	0,007	0,001
Na	183	0	3,55	3,20	1,62	0,80	13,30	2,60	4,23	0,23
K	183	0	0,93	0,81	0,93	0,00	10,20	0,60	1,06	0,13
Ca	183	0	50,00	48,90	17,10	7,21	125,29	39,26	58,52	2,48
Mg	183	0	11,49	11,19	4,73	2,68	30,98	8,27	14,11	0,69
Sr	90	0	0,159 9	0,160 0	0,055 8	0,050 0	0,350 0	0,120 0	0,200 0	0,01
Fe	180	31		0,029 0		< 0,01	2,500 0	< 0,01	0,100 0	
Mn	183	90		< 0,05		< 0,05	0,100 0	< 0,05	< 0,05	
NH <sub>4</sub>	182	82		< 0,05		< 0,05	1,330 0	< 0,05	< 0,05	
F	183	56		< 0,01		< 0,01	0,250 0	< 0,01	0,050 0	
Cl	183	0	3,6	2,3	6,5	0,7	63,3	1,8	3,0	0,94
SO <sub>4</sub>	183	0	26,8	24,8	11,5	9,5	97,2	19,3	31,3	1,66
NO <sub>2</sub>	183	87		< 0,01		< 0,01	2,000	< 0,01	< 0,01	
NO <sub>3</sub>	183	2	9,4	8,2	8,4	< 1,0	68,9	4,1	12,3	1,21
PO <sub>4</sub>	183	69		< 0,01		< 0,01	0,700 0	< 0,01	0,010 0	
HCO <sub>3</sub>	183	0	175,0	170,9	63,7	18,3	390,5	134,5	213,9	9,22
SiO <sub>2</sub>	183	0	7,9	7,9	1,6	3,7	13,3	7,0	8,8	0,23
Vol. CO <sub>2</sub>	183	0	7,8	5,7	8,1	0,0	48,4	2,4	11,0	1,17
Agr. CO <sub>2</sub>	145	0	2,8	0,0	5,2	0,0	28,6	0,0	3,5	0,85
Cr	182	58		< 0,000 5		< 0,000 5	0,009 2	< 0,000 5	0,002 0	
Cu	183	51		< 0,002		< 0,002	0,013 0	< 0,002	0,002 3	
Zn	183	22	0,019 0	0,004 0	0,120 2	< 0,001	1,620 0	0,001 5	0,012 0	0,02
As	181	88		< 0,001		< 0,001	0,003 0	< 0,001	< 0,001	
Cd	128	96		< 0,000 5		< 0,000 5	0,000 9	< 0,000 5	< 0,000 5	
Se	174	89		< 0,001		< 0,001	0,001 6	< 0,001	< 0,001	
Pb	182	48		0,001 0		< 0,001	0,011 0	< 0,001	0,002 0	
Hg	128	74		< 0,000 2		< 0,000 2	0,001 1	< 0,000 2	0,000 1	
Al	128	21	0,109 3	0,030 0	0,251 0	< 0,03	1,840 0	0,015 0	0,090 0	0,04
Ba	128	1	0,057 7	0,050 0	0,029 0	< 0,01	0,140 0	0,037 5	0,080 0	0,01
Sb	128	94		< 0,000 2		< 0,000 2	0,001 0	< 0,000 2	< 0,000 2	
CaMg	182		1,716	1,686	0,597	0,290	4,400	1,332	2,067	0,09
MIN	178		288,61	283,87	96,99	58,15	676,38	226,39	349,28	14,25
S <sub>1</sub>	183		5,08	4,92	1,48	1,89	13,53	4,12	5,83	0,21
S <sub>2</sub>	183		17,51	16,41	8,21	3,26	51,79	11,969	21,24	1,19
A <sub>1</sub>	183					0,00	0,00			
A <sub>2</sub>	183		77,12	78,32	8,25	38,79	89,76	73,57	82,60	1,20
S <sub>1</sub> (NO <sub>3</sub> )	183		3,20	3,31	1,84	0,08	10,03	1,77	4,26	0,27
S <sub>1</sub> (Cl)	183		1,04	1,06	1,09	0,00	6,95	0,00	1,67	0,16
S <sub>1</sub> (SO <sub>4</sub> )	183		0,83	0,00	1,28	0,00	5,81	0,00	1,55	0,18
S <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )	183		1,18	0,00	2,42	0,00	11,44	0,00	1,12	0,35
S <sub>2</sub> (Cl)	183		1,45	1,03	3,03	0,00	34,31	0,00	1,96	0,44
S <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	183		14,87	14,82	5,33	3,26	43,71	11,44	17,80	0,77
H <sub>r</sub>	183		0,415	0,397	0,095	0,249	0,730	0,354	0,459	0,01
r(Na + K)/r(Ca + Mg)	183		0,105	0,101	0,033	0,037	0,313	0,083	0,120	0,00
rMg/rCa	183		0,378	0,366	0,089	0,219	0,822	0,318	0,434	0,01
rSO <sub>4</sub> /rM	183		0,053	0,051	0,017	0,016	0,160	0,042	0,062	0,00
P <sub>CO<sub>2</sub></sub> (MPa)	183		0,000 39	0,000 30	0,000 43	0,000 01	0,003 50	0,000 15	0,000 46	0,000 06
I <sub>kalicit</sub>	183		-0,329	-0,252	0,508	-3,476	0,565	-0,501	-0,048	0,07

Tab. 6.2.2. Štatistické údaje o chemickom zložení podzemnej vody vrto v hrubopsamitického flyšu.

	n	% pod d. l.	Aritm. priemer	Medián	Odhad štand. odchýlky	Min.	Max.	25. percentil	75. percentil	HV 95 %
pH	29		7,75	7,70	0,38	7,24	9,05	7,60	7,85	0,14
MEV ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	29		379	325	136	220	770	306	440	49,40
CHSK <sub>Mn</sub>	29		1,05	0,88	0,77	0,40	3,62	0,56	1,04	0,28
O <sub>2</sub> mg	12		5,49	5,07	2,44	1,80	9,79	3,95	7,56	1,38
O <sub>2</sub> %	12		49,3	44,0	21,6	15,2	84,4	36,3	64,7	12,21
Li	2		0,009			0,001	0,017			
Na	29		24,76	11,00	46,14	3,90	230,00	6,40	18,00	16,79
K	29		2,10	1,40	2,37	0,60	11,10	0,90	1,80	0,86
Ca	29		47,20	46,49	19,26	4,81	106,21	37,68	53,31	7,01
Mg	29		14,65	14,35	5,70	2,92	28,21	11,67	17,02	2,07
Sr	2		0,215 0			0,150 0	0,270 0			
Fe	27	4	0,770 7	0,120 0	1,825 6	< 0,01	8,710 0	0,080 0	0,360 0	0,69
Mn	29	59		< 0,05		< 0,05	0,710 0	< 0,05	0,020 0	
NH <sub>4</sub>	28	68		< 0,05		< 0,05	0,690 0	< 0,05	0,080 0	
F	17	12	0,081 8	0,060 0	0,085 9	0,030 0	0,400 0	0,050 0	0,060 0	0,04
Cl	29		5,8	3,0	6,6	1,8	31,4	2,3	5,7	2,39
SO <sub>4</sub>	29		29,4	26,5	13,4	6,2	69,9	21,8	35,0	4,87
NO <sub>2</sub>	29	41		0,020		< 0,01	0,620	< 0,01	0,060	
NO <sub>3</sub>	29	0	6,5	6,4	3,6	0,7	15,0	3,9	8,4	1,31
PO <sub>4</sub>	29	66		< 0,01		< 0,01	0,040 0	< 0,01	0,010 0	
HCO <sub>3</sub>	29		229,2	203,8	88,8	78,1	543,1	186,1	250,2	32,32
SiO <sub>2</sub>	29		10,2	9,2	4,5	3,7	26,9	8,1	12,0	1,62
Vol. CO <sub>2</sub>	29		6,7	4,4	10,1	0,0	50,6	0,0	7,9	3,68
Agr. CO <sub>2</sub>	28		0,5	0,0	1,4	0,0	6,6	0,0	0,0	0,52
Cr	22	45		0,000 8		< 0,000 5	0,006 0	< 0,000 5	0,003 0	
Cu	24	8	0,015 8	0,007 5	0,035 1	< 0,002	0,175 0	0,003 8	0,011 3	0,01
Zn	24	21	0,081 8	0,014 0	0,183 0	< 0,001	0,741 0	0,001 8	0,058 5	0,07
As	21	67		< 0,001		< 0,001	0,009 0	< 0,001	0,001 0	
Cd	2	100				< 0,000 5	< 0,000 5			
Se	12	83		< 0,003		< 0,003	0,001 5	< 0,003	< 0,003	
Pb	21	14	0,002 2	0,002 0	0,002 0	< 0,001	0,007 0	0,001 0	0,003 0	0,00
Hg	7	43		0,000 2		< 0,000 2	0,000 9	< 0,000 2	0,000 6	
Al	6	17	0,039 2	0,025 0	0,043 6	0,005 0	0,120 0	< 0,03	0,047 5	0,03
Ba	2	0	0,060 0			0,040 0	0,080 0			
Sb	2	100				< 0,000 2	< 0,000 2			
CaMg	29		1,773	1,712	0,636	0,240	3,720	1,602	1,902	0,23
MIN	29		374,68	339,28	134,57	214,43	867,46	310,43	393,11	48,98
S <sub>1</sub>	29		12,12	10,61	7,17	4,03	37,34	7,38	14,79	2,61
S <sub>2</sub>	29		7,44	7,67	6,42	0,00	20,25	0,00	11,25	2,34
A <sub>1</sub>	29		7,22	0,00	21,55	0,00	90,47	0,00	1,73	7,84
A <sub>2</sub>	29		72,60	79,15	18,93	4,51	87,04	76,04	80,75	6,89
S <sub>1</sub> (NO <sub>3</sub> )	29		2,43	2,32	1,52	0,26	6,08	1,24	3,03	0,55
S <sub>1</sub> (Cl)	29		3,19	1,97	3,40	0,73	14,97	1,43	3,02	1,24
S <sub>1</sub> (SO <sub>4</sub> )	29		6,46	6,01	5,96	0,00	20,29	1,51	10,04	2,17
S <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )	29					0,00	0,00			
S <sub>2</sub> (Cl)	29		0,18	0,00	0,77	0,00	4,03	0,00	0,00	0,28
S <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	29		7,26	7,67	6,22	0,00	20,25	0,00	11,13	2,26
H <sub>r</sub>	29		0,397	0,386	0,131	0,235	0,772	0,306	0,434	0,05
r(Na + K)/r(Ca + Mg)	29		2,087	0,255	7,789	0,117	41,727	0,171	0,502	2,83
rMg/rCa	29		0,553	0,475	0,253	0,298	1,368	0,369	0,636	0,09
rSO <sub>4</sub> /rM	29		0,045	0,043	0,019	0,005	0,100	0,036	0,056	0,01
P <sub>CO2</sub> (MPa)	29		0,000 53	0,000 41	0,000 45	0,000 02	0,002 20	0,000 32	0,000 60	0,000 17
I <sub>kalcit</sub>	29		-0,236	-0,251	0,240	-0,698	0,555	-0,392	-0,107	0,09

Tab. 6.2.3. Štatistické údaje o chemickom zložení podzemnej vody prameňov vápňitých súvrství ilovcovo-pieskovcového flyšu.

	n	% pod d. l.	Aritm. priemer	Medián	Odhad štan- d. odchýlky	Min.	Max.	25. percentil	75. percentil	HV 95 %
pH	8		7,61	7,60	0,32	7,13	8,20	7,44	7,73	0,22
MEV ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	8		509	515	142	329	730	394	606	98,12
CHSK <sub>Mn</sub>	8		2,00	1,29	1,89	0,56	6,50	1,12	2,04	1,31
O <sub>2</sub> mg	8		7,43	7,25	2,10	4,80	10,10	5,78	9,15	1,46
O <sub>2</sub> %	8		69,5	70,8	20,6	43,1	93,8	52,9	86,8	14,25
Li	4		0,017	0,015	0,005	0,013	0,024	0,014	0,017	0,00
Na	8		5,97	5,60	2,19	2,80	9,00	4,51	7,95	1,52
K	8		1,10	1,15	0,32	0,60	1,60	0,88	1,30	0,22
Ca	8		81,77	78,80	17,13	59,72	104,61	68,24	95,39	11,87
Mg	8		19,50	19,46	7,15	5,59	28,55	17,45	24,32	4,95
Sr	4	0	0,320 0	0,300 0	0,094 2	0,240 0	0,440 0	0,247 5	0,372 5	0,09
Fe	8	25	0,584 0	0,145 0	1,113 1	< 0,01	3,293 0	0,060 5	0,480 0	0,77
Mn	8	75		< 0,05		< 0,05	0,048 0	< 0,05	0,005 4	
NH <sub>4</sub>	8	88		< 0,05		< 0,05	0,140 0	< 0,05	< 0,05	
F	8	25	0,070 0	0,060 0	0,028 3	< 0,01	0,120 0	0,050 0	0,072 5	0,02
Cl	8		5,5	3,9	3,8	1,8	11,9	2,9	8,1	2,60
SO <sub>4</sub>	8		37,6	36,6	12,2	20,2	55,4	29,0	47,3	8,47
NO <sub>2</sub>	8	63		< 0,01		< 0,01	0,030	< 0,01	0,015	
NO <sub>3</sub>	8	0	7,7	7,5	3,8	3,2	15,8	5,2	8,3	2,65
PO <sub>4</sub>	8	50		0,012 5		< 0,01	0,020 0	< 0,01	0,020 0	
HCO <sub>3</sub>	8		297,4	295,0	72,6	177,0	405,8	258,9	344,4	50,32
SiO <sub>2</sub>	8		10,3	9,8	3,1	6,3	16,5	8,4	11,6	2,15
Voľ. CO <sub>2</sub>	8		25,0	23,1	21,2	0,0	57,2	6,8	36,0	14,70
Agr. CO <sub>2</sub>	7					0,0	0,00			
Cr	7	43		0,001 3		< 0,000 5	0,003 0	< 0,000 5	0,002 5	
Cu	7	57		< 0,002		< 0,002	0,004 0	< 0,002	0,001 3	
Zn	7	0	0,008 8	0,009 0	0,004 6	0,000 5	0,014 0	0,007 0	0,012 0	0,00
As	7	57		< 0,001		< 0,001	0,001 0	< 0,001	0,001 0	
Cd	4	100		< 0,005		< 0,000 5	0,000 3			
Se	7	57		< 0,001		< 0,001	0,001 5	< 0,001	0,001 3	
Pb	7	14	0,001 0	0,001 0	0,000 5	< 0,001	0,002 0	0,000 8	0,001 0	0,00
Hg	4	75		< 0,000 2		< 0,000 2	0,000 2	< 0,000 2	0,000 1	
Al	4	0	0,627 5	0,090 0	1,129 7	0,010 0	2,320 0	0,032 5	0,685 0	1,11
Ba	4	0	0,057 5	0,055 0	0,025 0	0,030 0	0,090 0	0,045 0	0,067 5	0,02
Sb	4	100		< 0,000 2		< 0,000 2	0,000 1	< 0,000 2	< 0,000 2	
CaMg	8		2,844	2,910	0,626	1,913	3,670	2,413	3,306	0,43
MIN	8		473,00	476,86	106,93	314,08	623,28	401,08	549,16	74,10
S <sub>1</sub>	8		4,74	4,81	0,85	2,91	5,64	4,58	5,31	0,59
S <sub>2</sub>	8		13,29	11,92	4,74	7,52	22,00	10,73	14,45	3,28
A <sub>1</sub>	8					0,00	0,00			
A <sub>2</sub>	8		81,16	82,47	4,87	73,04	87,81	77,65	84,20	3,37
S <sub>1</sub> (NO <sub>3</sub> )	8		2,12	2,00	0,95	1,01	3,69	1,49	2,63	0,66
S <sub>1</sub> (Cl)	8		1,95	1,97	1,02	0,45	3,38	1,24	2,72	0,71
S <sub>1</sub> (SO <sub>4</sub> )	8		0,67	0,44	0,81	0,00	2,33	0,00	1,06	0,56
S <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )	8					0,00	0,00			
S <sub>2</sub> (Cl)	8		0,68	0,00	1,09	0,00	2,73	0,00	0,98	0,76
S <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	8		12,62	11,79	3,71	7,52	19,27	10,73	13,67	2,57
H <sub>r</sub>	8		0,368	0,353	0,069	0,279	0,465	0,314	0,430	0,05
r(Na + K)/r(Ca + Mg)	8		0,099	0,100	0,019	0,059	0,119	0,095	0,115	0,01
rMg/rCa	8		0,394	0,414	0,137	0,137	0,562	0,323	0,497	0,10
rSO <sub>4</sub> /rM	8		0,044	0,041	0,012	0,027	0,066	0,037	0,052	0,01
P <sub>CO<sub>2</sub></sub> (MPa)	8		0,000 98	0,000 85	0,000 89	0,000 18	0,003 00	0,000 38	0,001 01	0,006 2
I <sub>kalicit</sub>	8		0,002	-0,071	0,259	-0,227	0,558	-0,161	0,077	0,18

Tab. 6.2.4. Štatistické údaje o chemickom zložení podzemnej vody prameňov karbonátového flyšu.

	n	% pod d. l.	Aritm. priemer	Medián	Odhad štan. odchýlky	Min.	Max.	25. percentil	75. percentil	HV 95 %
pH	26		7,61	7,52	0,29	7,24	8,20	7,39	7,86	0,11
MEV ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	26		539	512	126	340	756	444	630	48,27
CHSK <sub>Mn</sub>	26		1,22	0,96	0,94	0,48	5,36	0,80	1,26	0,36
O <sub>2</sub> mg	25		7,75	8,00	1,54	4,50	9,52	6,80	9,03	0,60
O <sub>2</sub> %	25		70,8	72,5	14,5	41,8	88,4	59,5	83,8	5,69
Li	14		0,010	0,011	0,004	0,004	0,016	0,007	0,012	0,00
Na	26		4,22	4,20	1,39	2,20	8,30	3,21	4,99	0,53
K	26		1,13	1,05	0,52	0,30	2,81	0,80	1,40	0,20
Ca	26		82,65	82,53	19,90	44,49	115,71	63,93	102,52	7,65
Mg	26		21,09	21,85	6,69	0,00	32,01	16,93	24,54	2,57
Sr	14		0,362 1	0,325 0	0,234 3	0,180 00	1,120 0	0,240 0	0,385 0	0,12
Fe	26	19	0,131 9	0,046 0	0,305 4	< 0,01	1,550 0	0,010 8	0,106 5	0,12
Mn	26	77		< 0,05		< 0,05	0,050 0	< 0,05	< 0,05	
NH <sub>4</sub>	26	81		< 0,05		< 0,05	1,590 0	< 0,05	< 0,05	
F	26	73		< 0,01		< 0,01	0,060 0	< 0,01	0,050 0	
Cl	26		4,2	3,4	3,0	1,4	15,6	2,7	4,1	1,6
SO <sub>4</sub>	26		45,8	45,2	16,2	20,6	77,0	32,3	58,2	6,24
NO <sub>2</sub>	26	96		< 0,01		< 0,01	0,020	< 0,01	< 0,01	
NO <sub>3</sub>	26	4	11,2	9,5	8,9	0,3	34,4	2,7	17,4	3,43
PO <sub>4</sub>	26	38		0,015		< 0,01	0,080	< 0,01	0,028	
HCO <sub>3</sub>	26		301,0	308,0	62,0	199,5	414,9	244,6	350,9	23,84
SiO <sub>2</sub>	26		8,3	8,3	1,7	5,3	12,3	7,1	9,4	0,64
Vol. CO <sub>2</sub>	26		20,4	19,8	16,2	0,0	48,4	3,7	32,5	6,24
Agr. CO <sub>2</sub>	21		0,1	0,0	0,5	0,0	2,2	0,0	0,0	0,21
Cr	26	69		< 0,000 5		< 0,000 5	0,005 0	< 0,000 5	0,001 8	
Cu	26	62		< 0,002		< 0,002	0,034 0	< 0,002	0,002 0	
Zn	26	31		< 0,001		< 0,001	0,052 0	< 0,001	0,006 0	
As	26	96		< 0,001		< 0,001	0,001 0	< 0,001	< 0,001	
Cd	19	95		< 0,000 5		< 0,000 5	0,000 4	< 0,000 5	< 0,000 5	
Se	25	92		< 0,001		< 0,001	0,001 5	< 0,001	< 0,001	
Pb	26	54		< 0,001		< 0,001	0,004 0	< 0,001	0,001 8	
Hg	19	68		< 0,000 2		< 0,000 2	0,000 4	< 0,000 2	0,000 1	
Al	19	37		0,020 0		< 0,03	1,260 0	< 0,03	0,065 0	
Ba	19	0	0,092 6	0,080 0	0,030 3	0,060 0	0,170 0	0,070 0	0,105 0	0,01
Sb	19	89		< 0,000 2		< 0,000 2	0,000 5	< 0,000 2	< 0,000 2	
CaMg	26		2,968	2,833	0,613	2,032	4,104	2,560	3,489	0,24
MIN	26		484,94	470,64	96,94	343,35	663,09	413,17	566,44	37,26
S <sub>1</sub>	26		3,62	3,56	1,00	2,00	6,41	2,80	4,15	0,39
S <sub>2</sub>	26		16,34	16,68	6,19	6,30	31,67	10,95	20,21	2,38
A <sub>1</sub>	26					0,00	0,00			
A <sub>2</sub>	26		79,76	79,55	6,44	64,26	90,08	75,91	84,67	2,48
S <sub>1</sub> (NO <sub>3</sub> )	26		2,10	2,13	1,40	0,07	4,62	0,87	3,37	0,54
S <sub>1</sub> (Cl)	26		0,81	0,88	0,76	0,00	2,08	0,00	1,50	0,29
S <sub>1</sub> (SO <sub>4</sub> )	26		0,71	0,00	0,97	0,00	2,83	0,00	1,63	0,37
S <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )	26		0,77	0,00	1,15	0,00	3,61	0,00	1,50	0,45
S <sub>2</sub> (Cl)	26		1,03	0,21	1,30	0,00	4,62	0,00	1,78	0,50
S <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	26		14,54	15,68	4,87	6,30	27,70	10,95	17,21	1,87
H <sub>r</sub>	26		0,374	0,364	0,083	0,230	0,517	0,317	0,424	0,03
r(Na + K)/r(Ca + Mg)	26		0,073	0,072	0,022	0,040	0,136	0,056	0,083	0,01
rMg/rCa	26		0,443	0,438	0,180	0,000	1,042	0,361	0,483	0,07
rSO <sub>4</sub> /rM	26		0,052	0,054	0,015	0,028	0,099	0,042	0,063	0,01
P <sub>CO<sub>2</sub></sub> (MPa)	26		0,000 95	0,000 82	0,000 70	0,000 14	0,002 84	0,000 40	0,001 29	0,000 27
I <sub>kalcit</sub>	26		0,008	-0,029	0,290	-0,631	0,493	-0,140	0,250	0,11

Tab. 6.2.5. Štatistické údaje o chemickom zložení podzemnej vody vrto v karbonátovom flyši.

	n	% pod d. l.	Aritm. priemer	Medián	Odhad štand. odchýlky	Min.	Max.	25. percentil	75. percentil	HV 95 %
pH	6		7,77	7,81	0,42	7,30	8,40	7,41	7,98	0,34
MEV ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	6		493	476	116	355	673	420	551	93,07
CHSK <sub>Mn</sub>	6		1,63	1,09	1,25	0,88	4,08	0,89	1,64	1,00
O <sub>2</sub> mg	3		7,27	7,71	0,91	6,22	7,88	6,97	7,80	1,03
O <sub>2</sub> %	3		66,1	67,3	7,8	57,8	73,2	62,5	70,2	8,80
Li	0									
Na	6		22,25	10,60	29,65	7,50	82,50	7,96	14,08	23,73
K	6		3,52	3,20	2,05	1,40	6,88	2,03	4,41	1,64
Ca	6		68,00	73,36	27,67	20,04	92,99	58,92	88,93	22,14
Mg	6		16,42	14,29	5,95	10,60	24,32	12,13	21,27	4,76
Sr	0									
Fe	5	0	1,097 4	0,141 0	2,030 4	0,06	4,720 0	0,130 0	0,440 0	1,78
Mn	6	33		0,007 5		< 0,05	0,080 0	< 0,05	0,032 5	
NH <sub>4</sub>	6	33		0,090 0		< 0,05	0,580 0	< 0,05	0,190 0	
F	2	50		< 0,01		< 0,01	0,180 0			
Cl	6		7,2	6,3	4,6	3,2	16,3	5,0	6,6	3,71
SO <sub>4</sub>	6		42,2	39,8	16,0	25,1	67,2	30,4	50,5	12,83
NO <sub>2</sub>	6	33		0,080		< 0,01	0,280	< 0,01	0,123	
NO <sub>3</sub>	6	0	13,4	13,0	7,0	4,6	25,8	10,6	13,9	5,60
PO <sub>4</sub>	6	67		< 0,01		< 0,01	0,800	< 0,01	0,008 8	
HCO <sub>3</sub>	6		269,5	282,0	58,5	201,4	341,7	216,6	306,6	46,77
SiO <sub>2</sub>	6		9,7	9,4	1,3	8,2	11,3	8,8	10,9	1,05
Voľ. CO <sub>2</sub>	6		8,0	6,2	9,2	0,0	24,2	0,9	10,8	7,36
Agr. CO <sub>2</sub>	4		0,6	0,0	1,1	0,0	2,2	0,0	0,6	1,08
Cr	3	67		< 0,000 5		< 0,000 5	0,002 0			
Cu	3	67		< 0,002		< 0,002	0,009 0			
Zn	3	0	0,339 0	0,031 0	0,550 9	0,011	0,975 0			
As	2	100		< 0,001		< 0,001	< 0,001			
Cd	3	33		0,000 2		< 0,000 5	0,000 5			
Se	2	100		< 0,003		< 0,003	< 0,003			
Pb	3	67		< 0,001		< 0,001	0,002 0			
Hg	2	0	0,000 2			< 0,000 2	0,000 3			
Al	2	50		< 0,03		< 0,03	0,060 0			
Ba	2	0	0,065 0			0,050 0	0,080 0			
Sb	2	50		< 0,000 2		< 0,000 2	0,002 0			
CaMg	6		2,375	2,591	0,760	1,121	3,324	2,072	2,689	0,61
MIN	6		453,98	479,50	66,73	334,93	517,63	432,81	491,20	53,40
S <sub>1</sub>	6		9,91	9,62	2,90	6,06	13,17	8,06	12,50	2,32
S <sub>2</sub>	6		12,21	13,53	7,35	0,00	20,19	9,23	17,07	5,88
A <sub>1</sub>	6		8,19	0,00	20,05	0,00	49,12	0,00	0,00	16,05
A <sub>2</sub>	6		69,07	73,30	16,92	37,45	84,06	66,87	79,50	13,54
S <sub>1</sub> (NO <sub>3</sub> )	6		3,67	3,62	1,76	1,17	6,64	3,22	3,81	1,41
S <sub>1</sub> (Cl)	6		3,25	2,82	1,66	2,07	6,52	2,27	3,07	1,33
S <sub>1</sub> (SO <sub>4</sub> )	6		2,99	1,91	3,70	0,00	9,86	0,44	3,72	2,96
S <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )	6					0,00	0,00			
S <sub>2</sub> (Cl)	6		0,14	0,00	0,34	0,00	0,82	0,00	0,00	0,27
S <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	6		12,08	13,53	7,22	0,00	20,19	9,23	16,45	5,78
H <sub>r</sub>	6		0,459	0,486	0,150	0,226	0,611	0,374	0,576	0,12
r(Na + K)/r(Ca + Mg)	6		0,720	0,214	1,262	0,128	3,293	0,174	0,285	1,01
rMg/rCa	6		0,512	0,381	0,384	0,193	1,237	0,281	0,568	0,31
rSO <sub>4</sub> /rM	6		0,050	0,050	0,020	0,028	0,082	0,034	0,056	0,02
P <sub>CO2</sub> (MPa)	6		0,000 77	0,000 40	0,000 78	0,000 11	0,001 80	0,000 22	0,001 44	0,000 63
I <sub>kalicit</sub>	6		0,031	0,075	0,144	-0,163	0,161	-0,087	0,152	0,12



Tab. 6.2.6. Štatistické údaje o chemickom zložení podzemnej vody vrtoch vo fluviaálnych sedimentoch.

	n	% pod d. l.	Aritm. priemer	Medián	Odhad štand. odchýlky	Min.	Max.	25. percentil	75. percentil	HV 95 %
pH	10		7,48	7,55	0,28	7,05	7,90	7,31	7,60	0,17
MEV ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	10		490	426	241	283	1 095	331	545	149,39
CHSK <sub>Mn</sub>	10		2,32	1,92	1,47	0,55	4,54	1,17	3,49	0,91
O <sub>2</sub> mg	9		5,70	5,70	2,04	1,47	8,77	5,03	6,67	1,33
O <sub>2</sub> %	9		47,4	46,7	16,6	13,6	69,9	42,6	53,3	10,86
Li	0									
Na	10		8,96	5,58	7,68	2,80	24,60	4,01	10,26	4,76
K	10		17,64	4,40	31,90	0,70	104,00	1,73	20,45	19,77
Ca	10		69,68	70,34	15,06	49,70	98,40	59,22	73,45	9,34
Mg	10		12,58	12,16	3,20	8,30	19,00	10,15	14,54	1,98
Sr	0									
Fe	3	33		0,030 0		< 0,01	0,460 0			
Mn	10	90		< 0,05		< 0,05	0,010 0	< 0,05	< 0,05	
NH <sub>4</sub>	9	78		< 0,05		< 0,05	0,025 0	< 0,05	< 0,05	
F	3	67		< 0,01		< 0,01	0,250 0			
Cl	10		11,0	6,4	11,1	2,6	38,0	4,2	14,7	6,86
SO <sub>4</sub>	10		32,2	26,9	18,2	17,2	81,4	23,9	32,0	11,29
NO <sub>2</sub>	10	60		< 0,01		< 0,01	10,030	< 0,01	0,018	
NO <sub>3</sub>	10	0	26,7	14,8	34,8	5,7	122,0	11,9	19,9	21,56
PO <sub>4</sub>	10	60		< 0,01		< 0,01	0,610 0	< 0,01	0,0238	
HCO <sub>3</sub>	10		250,7	241,1	62,8	158,6	384,00	218,2	266,6	38,93
SiO <sub>2</sub>	10		7,6	7,7	1,2	5,6	9,2	6,8	8,5	0,74
Voľ. CO <sub>2</sub>	10		15,9	13,0	9,1	4,4	30,8	9,8	21,3	5,64
Agr. CO <sub>2</sub>	8		1,4	0,0	2,6	0,0	6,6	0,0	1,1	1,81
Cr	9	44		0,001 0		< 0,000 5	0,001 0	< 0,000 5	0,001 0	
Cu	9	78		< 0,002		< 0,002	0,220 0	< 0,002	0,002	
Zn	9	33		0,007 0		< 0,001	0,032 0	< 0,001	0,012 0	
As	3	67		< 0,001		< 0,001	0,002 0			
Cd	2	100		< 0,000 5		< 0,000 5	< 0,000 5			
Se	3	100		< 0,001		< 0,001	< 0,001			
Pb	9	44		0,001 0		< 0,001	0,002 0	< 0,001	0,002 0	
Hg	2	0	0,000 1	0,000 1		0,000 1	0,000 1			
Al	2	50		< 0,03		< 0,03	0,030 0			
Ba	2	0	0,135 0			0,120 0	0,150 0			
Sb	2	100		< 0,000 2		< 0,000 2	< 0,000 2			
CaMg	10		2,259	2,258	0,505	1,584	3,241	1,911	2,434	0,31
MIN	10		439,93	400,92	175,92	267,17	880,00	335,71	455,79	109,04
S <sub>1</sub>	10		12,00	7,33	10,46	4,09	35,52	6,01	14,84	6,48
S <sub>2</sub>	10		11,28	11,10	5,60	0,00	18,96	8,29	15,86	3,47
A <sub>1</sub>	10		0,65	0,00	2,07	0,00	6,54	0,00	0,00	1,28
A <sub>2</sub>	10		76,02	77,53	8,24	57,15	86,23	73,85	79,88	5,11
S <sub>1</sub> (NO <sub>3</sub> )	10		6,08	4,59	4,51	2,41	17,78	4,10	5,63	2,79
S <sub>1</sub> (Cl)	10		3,79	2,38	3,59	0,00	9,70	1,89	5,80	2,23
S <sub>1</sub> (SO <sub>4</sub> )	10		2,12	0,43	3,37	0,00	8,63	0,00	2,03	2,09
S <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )	10		0,18	0,00	0,38	0,00	1,05	0,00	0,00	0,24
S <sub>2</sub> (Cl)	10		1,03	0,02	1,60	0,00	3,64	0,00	2,40	0,99
S <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	10		10,08	10,44	4,53	0,00	16,28	8,29	12,30	2,81
H <sub>r</sub>	10		0,444	0,427	0,106	0,309	0,697	0,391	0,471	0,07
r(Na + K)/r(Ca + Mg)	10		0,332	0,158	0,365	0,085	1,101	0,128	0,354	0,023
rMg/rCa	10		0,295	0,295	0,021	0,262	0,331	0,281	0,308 5	0,01
rSO <sub>4</sub> /rM	10		0,039	0,039	0,007	0,027	0,050	0,036	0,042	0,00
P <sub>CO<sub>2</sub></sub> (MPa)	10		0,001 08	0,000 62	0,000 89	0,000 18	0,002 86	0,000 49	0,001 65	0,000 55
I <sub>kalcit</sub>	10		-0,294	-0,270	0,193	-0,680	-0,030	-0,388	-0,210	0,12

Vo vode týchto súvrství sa často vyskytuje zvýšený obsah Fe (max. okolo  $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), charakteristický pre flyšové horninové prostredie. Jeho obsah však väčšinou len tesne prekračuje povolený limit.

Tab. 6.2.7. Korelačná matica vybraných chemických zložiek podzemnej vody prameňov hrubopsamitického flyšu s puklinovou priepustnosťou.

	Na	K	Ca	Mg	Sr	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ba	MIN
Na	1											
K	0,614	1										
Ca	0,677	0,445	1									
Mg	0,716	0,347	0,841	1								
Sr	0,749	0,555	0,754	0,734	1							
Cl	0,422	0,369	0,506	0,428	0,396	1						
SO <sub>4</sub>	0,527	0,424	0,735	0,670	0,535	0,510	1					
NO <sub>3</sub>	0,129	0,127	0,329	0,188	0,196	0,472	0,510	1				
HCO <sub>3</sub>	0,720	0,406	0,907	0,878	0,735	0,258	0,534	0,026	1			
SiO <sub>2</sub>	0,464	0,152	0,419	0,530	0,476	0,153	0,276	0,016	0,477	1		
Ba	0,479	0,184	0,645	0,597	0,693	0,242	0,431	0,085	0,663	0,213	1	
MIN	0,753	0,457	0,975	0,916	0,796	0,457	0,729	0,268	0,949	0,484	0,664	1

Vysvetlivky:

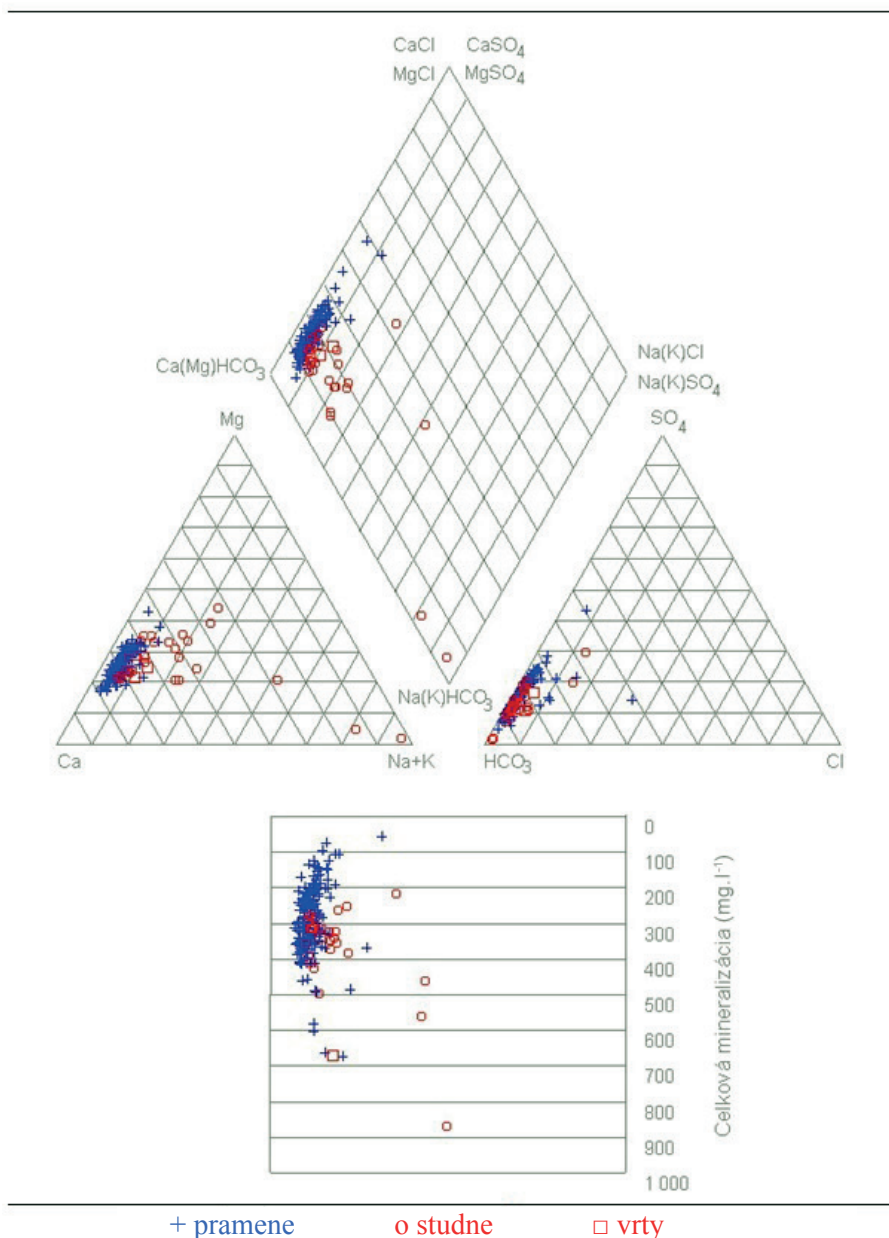
	veľmi vysoký korelačný koeficient 0,9 – 1,0
	vysoký korelačný koeficient 0,7 – 0,9
	významný korelačný koeficient 0,5 – 0,7
	mierny korelačný koeficient 0,3 – 0,5
	nízky korelačný koeficient – menej ako 0,3

#### Podzemná voda overená vrtmi

Podzemnú vodu hlbšieho obehu overenú vo vrtoch v území hrubopsamitického flyšu v porovnaní s prameňmi tiež zastupujú najmä výrazne vyhranené ( $H_T$  0,33 – 0,53) výrazné základné Ca–Mg–HCO<sub>3</sub> typy ( $r_{Mg/rCa}$  0,3 – 0,7) so zvýšenou úrovňou mineralizácie ( $374,68 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), s rozsahom 214,43 – 867,46  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (medián 339,28  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Hlavný podiel mineralizácie tvorí tak isto zložka A<sub>2</sub> (72,60 c . z %), pričom však oproti prameňom v mineralizácii vody sa pomerne významne uplatňuje zložka A<sub>1</sub> (v priemere 7,22 c . z %). Popri obsahu Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>, ktorý sa pohybuje na úrovni porovnateľnej s prameňmi (61,85  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), významne sa zvyšuje obsah Na<sup>+</sup> a K<sup>+</sup> (v priemere 26,86  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Obsah HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> vo vode z vrtov je v priemere zhruba porovnateľný s prameňmi (229,2  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), výraznejší podiel na mineralizácii však nadobúda zložka A<sub>1</sub> (v priemere 7,22  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), ale aj zložka S<sub>1</sub> (12,12  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) na úkor zložky S<sub>2</sub>, ktorej priemerný obsah je len 7,44 c . z % (tab. 6.2.2). Významnejšie zastúpenie zložky Na–HCO<sub>3</sub> v chemickom zložení podzemnej vody hlbšieho obehu dokumentuje tesnosť korelačných vzťahov medzi týmito zložkami (tab. 6.2.8), ako aj posun k Na<sup>+</sup> a K<sup>+</sup> v systemizačnom grafe (obr. 6.2.1). Oproti prameňom bol v podzemnej vode niektorých hlbokých vrtov zistený významne vyšší obsah Fe (max. až 8,7  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

Tab. 6.2.8. Korelačná matica vybraných chemických zložiek podzemnej vody vo vrtoch v hrubopsamitickom flyši s puklinovou priepustnosťou.

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MIN
Na	1									
K	-0,093	1								
Ca	-0,554	0,488	1							
Mg	-0,450	0,121	0,495	1						
Cl	0,122	0,436	0,242	0,222	1					
SO <sub>4</sub>	-0,246	0,466	0,400	0,594	0,607	1				
NO <sub>3</sub>	-0,339	0,255	0,488	-0,251	0,109	0,079	1			
HCO <sub>3</sub>	0,763	0,137	0,045	-0,015	0,154	-0,081	-0,221	1		
SiO <sub>2</sub>	0,186	-0,062	-0,202	0,051	0,451	0,334	-0,098	0,010	1	
MIN	0,794	0,218	0,030	-0,014	0,330	0,081	-0,190	0,973	0,141	1

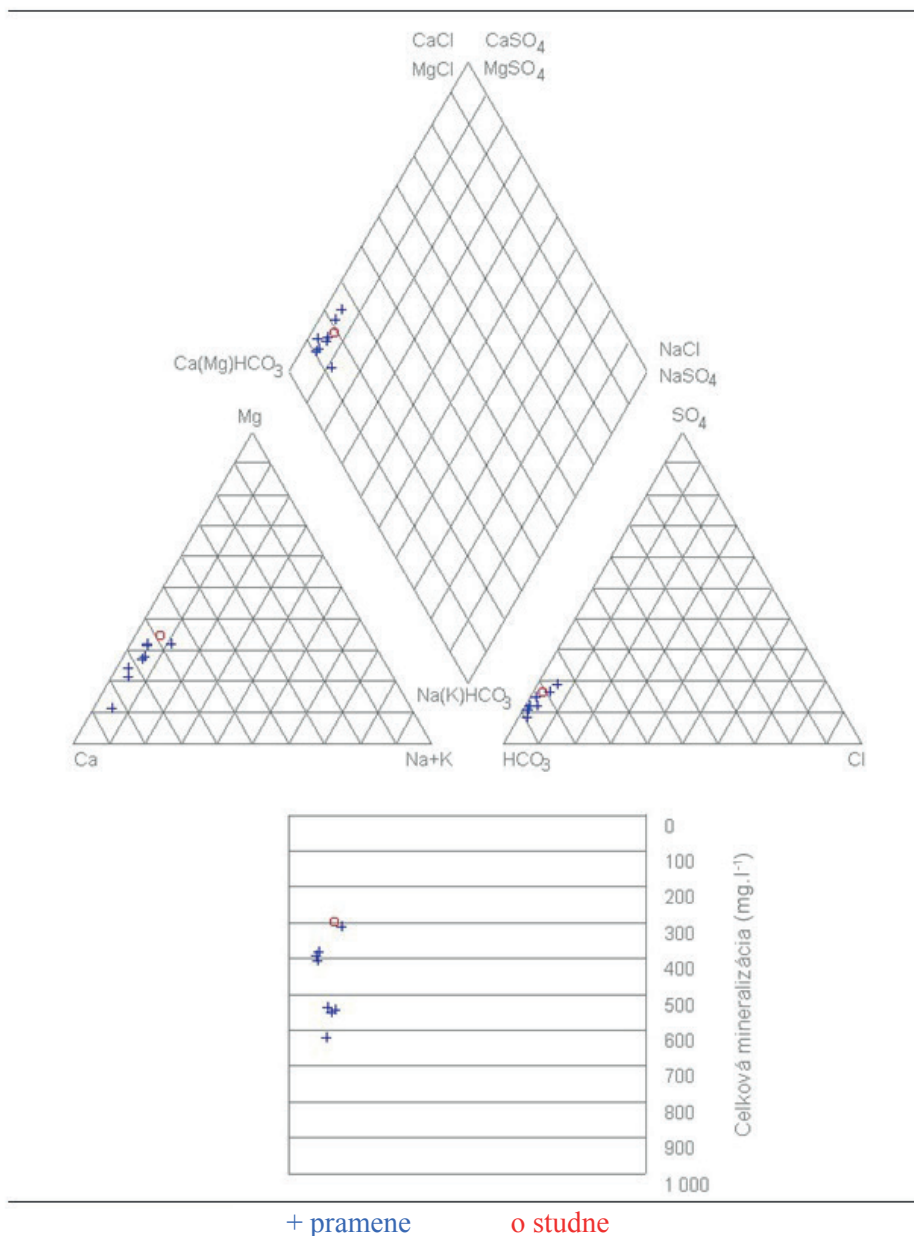


Obr. 6.2.1. Systemizačný graf chemického zloženia podzemnej vody súvrstvia hrubopsamitického flyšu.

### ***Vápnité súvrstvia ílovcovo-pieskovcového flyšu s puklinovou priepustnosťou***

Vyskytuje sa tu podzemná voda, ktorá patrí k časti malcovského súvrstvia krynickej litofaciálnej jednotky vonkajšieho flyšu s významným obsahom vápnitej zložky (sivé vápnité ílovce a pieskovce, pelokarbonáty) a tiež k týmto vrstvám v paleogéne bradlového pásma. Vyskytujú sa len okrajovo v sz., s. a jv. časti skúmaného územia. Štatistické spracovanie výsledkov chemických analýz vzoriek podzemnej vody prameňov z tohto horninového celku je uvedené v tab. 6.2.3.

Podzemná voda je výraznejšie vyhranená ( $H_r$  0,368), výrazného základného Ca–Mg–HCO<sub>3</sub> typu ( $rMg/rCa$  0,3 – 0,7) s mineralizáciou, ktorá je oproti vode hrubopsamitického flyšu v priemere vyššia (473,0 mg · l<sup>-1</sup>) a výrazne vyrovnannejšia (min. 314,08 – max. 623,28 mg · l<sup>-1</sup>, s mediánom 473 mg · l<sup>-1</sup>). Podiel zložky A<sub>2</sub> na mineralizácii je taktiež výraznejší (takmer 81,16 c. z %), pričom vyšší je aj obsah Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> (v priemere až 101 mg · l<sup>-1</sup>) a HCO<sub>3</sub> (297,4 mg · l<sup>-1</sup>). Zastúpenie zložky S<sub>2</sub> je v priemere nižšie, 13,29 c. z %, jej hlavný podiel S<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) má zastúpenie 12,62 c. z %. Zložka A<sub>1</sub> v mineralizácii nie je zastúpená. Priemerný obsah SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> je 37,6 mg · l<sup>-1</sup> s mediánom 36,6 mg · l<sup>-1</sup>. Vzhľadom na malú rozlohu územia a z toho vyplývajúci malý počet vzoriek (n = 8) sme testovali významnosť zistených korelačných závislostí pri zvolenej hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  (test nulovej hypotézy; Reisenauer, 1970). Z korelačných vzťahov dokumentovaných hodnotami koeficientu korelácie (tab. 6.2.9) možno považovať za preukázanú závislosť pri hodnotách korelačného koeficientu vyšších ako 0,707. V celkovom charaktere



Obr. 6.2.2. Systemizačný graf chemického zloženia podzemnej vody vápnitého súvrstvia ílovcovo-pieskovcového flyšu.

mineralizácie tejto podzemnej vody sú teda preukázane významné lineárne korelačné vzťahy medzi zložkami Na–K–Ca–Mg–HCO<sub>3</sub>, Ca–SO<sub>4</sub>, Mg–SiO<sub>2</sub> a SiO<sub>2</sub>–NO<sub>3</sub>. Významná závislosť vo vzťahu k hodnotám celkovej mineralizácie sa zistila pri Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, a hlavne pri HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (obr. 6.2.2).

Tab. 6.2.9. Korelačná matica vybraných chemických zložiek podzemnej vody vápнитých súvrství ílovcovo-pieskovcového flyšu.

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MIN
Na	1									
K	0,683	1								
Ca	0,736	0,629	1							
Mg	0,783	0,751	0,495	1						
Cl	0,320	0,056	0,671	-0,120	1					
SO <sub>4</sub>	0,602	0,478	0,882	0,193	0,683	1				
NO <sub>3</sub>	0,238	0,211	-0,007	0,436	-0,402	0,058	1			
HCO <sub>3</sub>	0,870	0,719	0,830	0,877	0,264	0,572	0,261	1		
SiO <sub>2</sub>	0,542	0,374	0,425	0,733	0,021	0,236	0,762	0,690	1	
MIN	0,882	0,740	0,891	0,828	0,377	0,664	0,249	<b>0,988</b>	0,685	1

**Súvrstvia karbonátového flyšu s puklinovou priepustnosťou**

Vyskytuje sa tu podzemná voda viazaná na karbonátový flyš – pročské a jarmutské súvrstvie paleogénu bradlového pásma (karbonátové pieskovce, zlepenec, slieňovce, siltovce, vápnité ílovcy), ktoré vystupujú v širokom pruhu pozdĺž celej jz. hranice územia. Priestorovo tvoria „obalové“ súvrstvie bradlového pásma, ktorého významná časť je osídlená v údoliach alúvií povrchových tokov (Lipiansky potok, Lúčanka, Lutinka, Čierny potok, Drienický potok, Terianka). Okrem prameňov vystupujúcich v týchto súvrstviach bola podzemná voda v alúviách týchto tokov overovaná aj vo vrtoch.

*Podzemná voda vystupujúca v prameňoch*

Podzemná voda je výrazne vyhranená ( $H_T$  0,33 – 0,53), výrazného základného Ca–Mg–HCO<sub>3</sub> typu (rMg/rCa 0,3– 0,7), s mineralizáciou v priemere 484,64 mg · l<sup>-1</sup>, mediánom 470,64 mg · l<sup>-1</sup> a rozsahom od 343,35 mg · l<sup>-1</sup> do 663,09 mg · l<sup>-1</sup>. V mineralizácii sa však výraznejšie uplatňuje Ca<sup>2+</sup> oproti Mg<sup>2+</sup> (rMg/rCa 0,443), čo dokumentujú aj zistené úzke korelačné vzťahy Ca<sup>2+</sup> s bikarbonátmi (tab. 6.2.10 a obr. 6.2.3). Obsah bikarbonátov sa pohybuje v priemere okolo 301 mg · l<sup>-1</sup> a obsah síranov okolo 46 mg · l<sup>-1</sup>. Celkovo podiely zložiek A<sub>2</sub> a S<sub>2</sub> na mineralizácii podzemnej vody sú porovnateľné s ich podielom vo vápnitých ílovcovo-pieskovcových súvrstviach (A<sub>2</sub> 79,76 c. z % – S<sub>2</sub> 16,34 c. z %). Porovnateľné zastúpenie (14,54 c. z %) má aj zložka S<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>). Zložka A<sub>1</sub> vo vode prameňov nie je zastúpená (tab. 6.2.4).

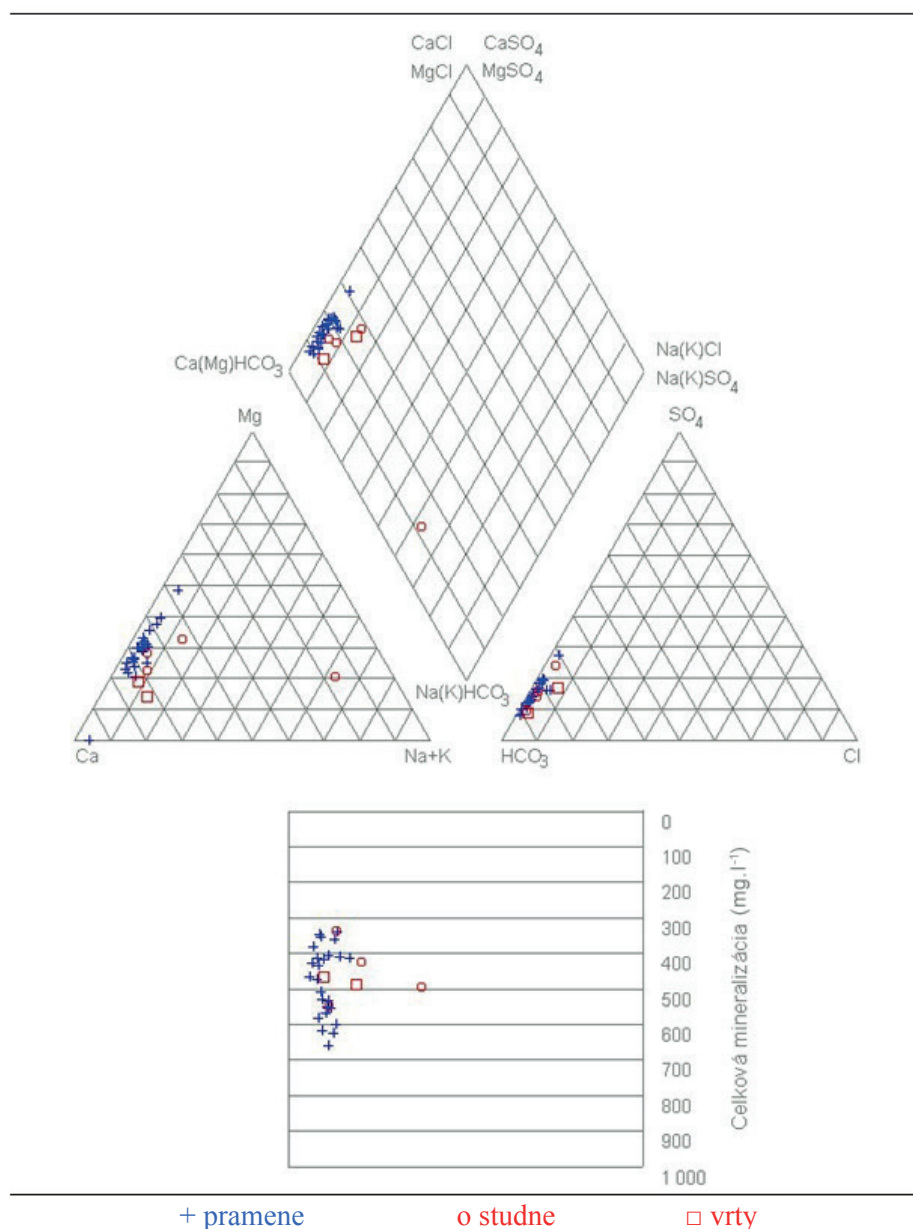
Tab. 6.2.10. Korelačná matica vybraných chemických zložiek podzemnej vody prameňov súvrstvia karbonátového flyšu s puklinovou priepustnosťou.

	Na	K	Ca	Mg	Sr	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ba	MIN
Na	1											
K	0,453	1										
Ca	0,419	0,547	1									
Mg	0,160	0,184	0,166	1								
Sr	0,082	0,658	0,546	0,544	1							
Cl	0,681	0,268	0,415	0,287	0,080	1						
SO <sub>4</sub>	0,311	0,405	0,576	0,433	0,648	0,432	1					
NO <sub>3</sub>	0,047	0,102	0,271	0,233	-0,085	0,371	0,605	1				
HCO <sub>3</sub>	0,405	0,586	<b>0,933</b>	0,280	0,630	0,312	0,463	0,081	1			
SiO <sub>2</sub>	0,176	0,120	0,096	0,230	-0,006	0,204	0,513	0,172	-0,042	1		
Ba	0,146	0,248	-0,037	0,549	0,193	0,344	0,179	0,266	0,090	-0,070	1	
MIN	0,444	0,599	<b>0,959</b>	0,354	0,633	0,449	0,685	0,318	<b>0,955</b>	0,128	0,136	1

*Podzemná voda overená vo vrtoch*

Podzemnú vodu overenú vo vrtoch situovaných v alúviách povrchových tokov v porovnaní s prameňmi tiež zastupujú najmä výrazne vyhranené ( $H_T$  0,33 – 0,53) výrazné základné Ca–Mg–HCO<sub>3</sub> typy (rMg/rCa 0,3 – 0,7). Úroveň mineralizácie (453,98 mg · l<sup>-1</sup>) s rozsahom 334,93 – 517,63 mg · l<sup>-1</sup> (medián 479,5 mg · l<sup>-1</sup>) je síce porovnateľná s vodou prameňov, ale oproti nim sa v nej významnejšie uplatňuje zložka A<sub>1</sub> (v priemere 8,19 c. z %) a zložka S<sub>1</sub> (9,91 c. z %). Na úkor obsahu Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> významne pribúda alkálií Na<sup>+</sup> a K<sup>+</sup> (v priemere 25,87 mg · l<sup>-1</sup>).

Vzhľadom na malý počet vzoriek (n = 6) sme testovali významnosť zistených korelačných závislostí pri zvolenej hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  (test nulovej hypotézy; Reisenauer, 1970). Z korelačných vzťahov dokumentovaných hodnotami koeficientu korelácie (tab. 6.2.11) možno považovať za preukázanú závislosť pri hodnotách korelačného koeficientu vyšších ako 0,811. Významný záporný korelačný vzťah Na–Ca môže indikovať intenzívne procesy ionovymeny Ca<sup>2+</sup> → Na<sup>+</sup> v tomto prostredí. Významné korelačné koeficienty NO<sub>3</sub>–Cl a K–Cl poukazujú na komunikáciu hlbších zvodní vo vrte s alúviom povrchového toku a antropogénny pôvod znečistenia z plytkých aluviálnych podzemných vôd. Zachovaný je úzky vzťah celkovej mineralizácie a hodnôt HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.



Obr. 6.2.3. Systemizačný graf chemického zloženia podzemnej vody karbonátového flyšu.

Tab. 6.2.11. Korelačná matica vybraných chemických zložiek podzemnej vody vo vrtoch alúvií tokov v karbonátovom flyši s puklinovou priepustnosťou.

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MIN
Na	1									
K	0,173	1								
Ca	-0,836	0,200	1							
Mg	-0,111	-0,553	0,115	1						
Cl	-0,198	0,811	0,536	-0,270	1					
SO <sub>4</sub>	-0,311	-0,045	0,281	0,571	0,409	1				
NO <sub>3</sub>	-0,556	0,641	0,784	-0,245	0,921	0,401	1			
HCO <sub>3</sub>	0,300	0,218	0,171	0,184	0,065	-0,378	-0,044	1		
SiO <sub>2</sub>	0,603	-0,175	-0,847	0,112	-0,401	0,148	-0,607	-0,444	1	
MIN	0,302	0,499	0,243	0,269	0,443	0,054	0,250	0,852	-0,299	1

### *Vápnité sedimenty s puklinovou priepustnosťou a karbonátové horniny s puklinovo-krasovým typom priepustnosti*

Možno sem zaradiť sliene, slienité vápence a rádioláriové vápence vyskytujúce sa ako rôzne veľké trosky mezozoika v zóne bradlového pásma. Vzhľadom na pomerne izolovaný výskyt je možné k nim priradiť aj rozličné hľuznaté a krinoidové vápence jurského veku bradlového pásma. Tie predstavujú karbonátové horniny s puklinovo-krasovým typom priepustnosti s formovaním karbonátogénnej mineralizácie podzemnej vody.

Vzhľadom na malé plošné rozšírenie v skúmanom území sa podzemná voda týchto celkov vo forme prameňov vyskytuje len ojedinele. V databáze výsledkov chemických analýz sa vyskytli len tri prípady. Na charakteristiku ich typu a chemického zloženia sú hodnoty koncentrácie základných zložiek uvedené v tabuľke 6.2.12.

Tab. 6.2.12. Koncentrácia ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) vybraných zložiek chemického zloženia podzemnej vody vápnitých sedimentov s puklinovou priepustnosťou a karbonátových hornín s puklinovo-krasovým typom priepustnosti.

Č.	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^-$	Cl <sup>-</sup>	$\text{NO}_3^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	M	Typ
11 316 Kyjov	239,19	36,05	2,66	4,6	56,11	22,86	2,80	0,70	374,42	Ca–Mg– $\text{HCO}_3$ $\text{A}_2$ výrazný
14 009 Milpoš	303,87	34,98	13,12	29,6	88,58	14,59	13,20	7,50	518,39	Ca– $\text{HCO}_3$ $\text{A}_2$ výrazný
B195a Lúčka	257,97	29,63	1,70	2,5	72,55	8,98	2,25	1,00	362,44	Ca– $\text{HCO}_3$ $\text{A}_2$ výrazný

### *Flyšové sedimenty vnútrokarpatského paleogénu s puklinovou priepustnosťou*

Tento komplex paleogénnych hornín – šambronských vrstiev (ílovce v absolútnej prevahe nad pieskovičkami a zlepenkami, drobnorytmický flyš) – zasahuje do hodnoteného územia len veľmi sporadicky pozdĺž celého sz.-jv. okraja zóny bradlového pásma. Podrobnejšie je vyhodnotený v rámci hydrogeochemickej mapy Ľubovnianskej vrchoviny a Pienin (Jetel, 1999). Voda tohto komplexu predstavuje výrazné aj nevýrazné typy chemického zloženia  $\text{A}_2$  s premenlivou vyhranenosťou a celkovou mineralizáciou 330 – 720  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (priemerne 480  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Obsahuje relatívne nižší podiel  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{Mg}^{2+}$  a zvýšený podiel síranov (Jetel, 1999). V rámci územia pohoria Čergov patria k tomuto horninovému komplexu len dve vzorky zo zachytených a využívaných prameňov podzemnej vody pre obce Ľutina a Jakovany (tab. 6.2.13).

Tab. 6.2.13. Koncentrácia ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) vybraných zložiek chemického zloženia podzemnej vody vápnitých sedimentov s puklinovou priepustnosťou a karbonátových hornín s puklinovo-krasovým typom priepustnosti.

Č.	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	Cl <sup>-</sup>	$\text{NO}_3^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	M	Typ
4 227 Ľutina	334,99	36,66	3,55	0,250	86,97	20,67	5,80	0,40	503,27	Ca–Mg– $\text{HCO}_3$ $\text{A}_2$ výrazný
4 231 Jakovany	356,96	60,70	15,60	17,30	100,80	29,28	8,30	1,40	601,84	Ca–Mg– $\text{HCO}_3$ $\text{A}_2$ výrazný

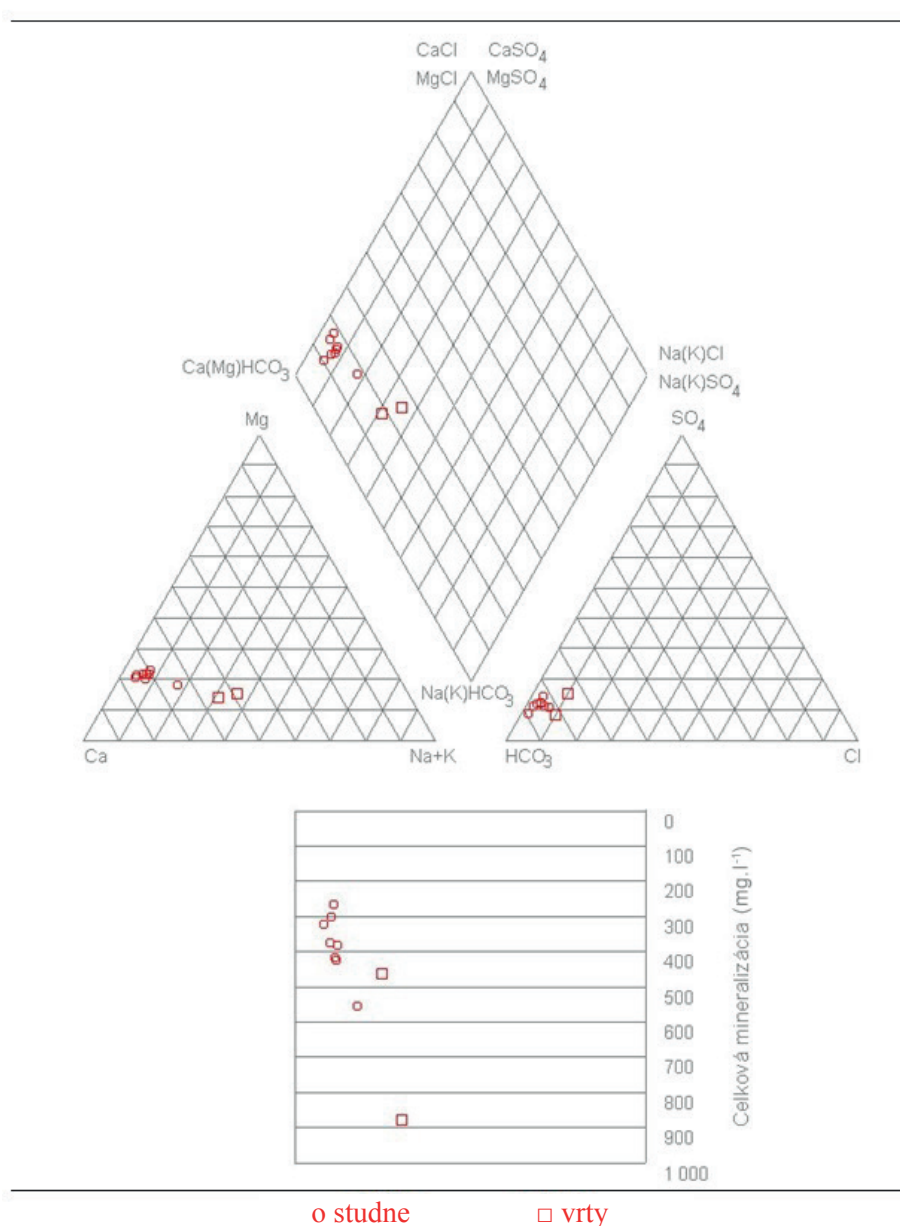
### *Fluviálne sedimenty povrchových tokov*

Tento komplex tvoria kvartérne aluviálne náplavy povrchových tokov, ktoré predstavujú rôzne piesčité a hlinité štrky dolinných nív a nív horských potokov prekryté nívnyimi hlinami. V území sú najvýznamnejšie v údoliach hornej Tople, Ľutinky, Ternianky, potokov Oľšavec, Slatvinec, Soliská a ďalších. Sú overené v plytkých vrtoch (do 10 m) situovaných v alúviách povrchových tokov (obr. 6.2.4).

Podzemná voda je výrazne vyhranená ( $H_1$  0,33 – 0,53), prevažne výrazného základného Ca– $\text{HCO}_3$  typu ( $r_{\text{Mg/rCa}} < 0,3$ ) s mineralizáciou, ktorá je oproti najviac mineralizovanej podzemnej vode karbonátového flyšu v priemere o niečo nižšia (439,93  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  – medián 400,92  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), ale má veľkú variabilitu (min. 267,17  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  – max. 880  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). V mineralizácii je na úkor zložky  $\text{A}_2$  zjavné výraznejšie zastúpenie zložky  $\text{S}_1$  (12,0 c. z %) s jej hlavnými podielmi  $\text{S}_1(\text{NO}_3)$  6,08 c. z % a  $\text{S}_1(\text{Cl})$  3,79 c. z %. Zložka  $\text{S}_1$  tu celkovo mierne preyšuje úroveň zastúpenia zložky  $\text{S}_2$  (11,28 c. z %). Oproti podzemnej

vode paleogénnych celkov sa vo vode s potamogénnou mineralizáciou zistil významne vyšší obsah dusičnanov (v priemere  $26,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , max. až  $122 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a chloridov (priem.  $11 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , max.  $38 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) ako dôsledok antropogénneho znečistenia vrátane spomedzi alkálií vyššieho obsahu najmä draslíka ( $17,64 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

Veľmi úzke korelácie medzi podstatne širšou škálou zložiek chemického zloženia tejto vody ( $\text{K-Na-Ca-Mg-SO}_4\text{-Cl-NO}_3\text{-HCO}_3$ ) oproti hodnotenej podzemnej vode horninových komplexov flyšu dokumentuje tab. 6.2.14. Vzhľadom na relatívne malý počet vzoriek ( $n = 10$ ) sme testovali významnosť zistených korelačných závislostí pri zvolenej hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  (test nulovej hypotézy; Reisenauer, 1970). Z korelačných vzťahov dokumentovaných hodnotami koeficientu korelácie (tab. 6.2.9) možno považovať za preukázanú závislosť pri hodnotách korelačného koeficientu vyšších ako 0,632.



Obr. 6.2.4. Systemizačný graf chemického zloženia podzemnej vody fluviálnych sedimentov.



Tab. 6.2.14. Korelačná matica vybraných chemických zložiek podzemnej vody plytkých vrstiev v aluviálnych náplavoch tokov.

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MIN
Na	1									
K	0,733	1								
Ca	0,461	0,747	1							
Mg	0,353	0,732	0,966	1						
Cl	0,859	0,960	0,752	0,681	1					
SO <sub>4</sub>	0,543	0,946	0,840	0,857	0,880	1				
NO <sub>3</sub>	0,635	0,985	0,804	0,790	0,933	0,978	1			
HCO <sub>3</sub>	0,717	0,867	0,935	0,898	0,890	0,860	0,865	1		
SiO <sub>2</sub>	0,759	0,595	0,703	0,607	0,744	0,575	0,573	0,789	1	
MIN	0,721	0,959	0,895	0,867	0,951	0,950	0,962	0,967	0,724	1

### Režimové zmeny chemického zloženia podzemnej vody

Na hodnotenom území v rokoch 1975 – 1984 a 1990 – 1992 v rámci etáp vyhľadávacieho a predbežného hydrogeologického prieskumu (Bajo a Cibulka, 1984; Bajo et al., 1994) sa sezónne v nepravidelných časových intervaloch režimovo sledovalo chemické zloženie vody vo vybraných objektoch.

Vo všetkých prípadoch – pri prameňoch aj pri dlhodobých čerpacích skúškach na vrtoch (napr. COH-102) – sa zistilo, že voda mala ustálené chemické zloženie bez akýchkoľvek významnejších zmien. V rámci daného chemického typu vody bolo overené len minimálne sezónne kolísanie obsahu niektorých zložiek. Celkovým porovnaním výsledkov režimového sledovania z oboch časových období sa zistilo, že v niektorých objektoch (vrt COH-18, prameň č. 83) došlo k veľmi miernemu (< 5 c. z %) nárastu zložky S<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) na úkor dominujúcej zložky A<sub>2</sub> – bez vplyvu na charakter typu vody a úroveň jej celkovej mineralizácie.

## 6.3. CHARAKTERISTIKA KVALITATÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNEJ VODY Z HĽADISKA VODÁRENSKÉHO VYUŽÍVANIA

Z kvalitatívneho hľadiska v zmysle smernice MŽP má v podzemnej vode pohoria Čergov najväčšie zastúpenie najlepšia trieda kvality **A**. Do tejto triedy patrí viac ako polovica (54 %) zo všetkých 461 odborných miest vzoriek podzemnej vody. Priestorovo sú rozmiestnené takmer rovnomerne na celej ploche územia. Percentuálne zastúpenie ostatných tried kvality vo vzorkách podzemnej vody v území je takéto:

A	B	C	D	E	F	G	H
54 %	23 %	7 %	4 %	5 %	3 %	3 %	1 %

Do druhej najpočetnejšej (23 %) kvalitatívnej triedy **B** bola väčšina vzoriek zaradená preto, lebo podzemná voda okrem obsahu O<sub>2</sub> nevyhovela najmä kritériám v ukazovateli požadovaného nasýtenia vody v mmol . l<sup>-1</sup> (Ca + Mg). Oblasti s touto kvalitou podzemnej vody boli vymedzené v širšom okolí svahov prilahlých k najvyšším hrebeňovým častiam pohoria (Minčol 1 176 m n. m., Solisko 1 056 m n. m.). Spolu s celkovou nízkou mineralizáciou podzemnej vody to poukazuje na prevažne plytký a rýchly obeh podzemnej vody s krátkodobým stykom s horninovým prostredím a jej rýchly odtok k erozívnej báze, resp. do recipientov.

Z druhej skupiny ukazovateľov kvalitatívnu triedu **C** určuje v území v dominantnej miere nadlimitný obsah Fe. Nachádza sa zhruba v 7 % súbore analýz. Pramene a vrty s podzemnou vodou tejto kvality sa vyskytujú rozptýlene na celom území a na mape sú znázornené ako bodové anomálie. Podobne je to aj pri kvalitatívnej triede **D** (4 % analýz), do ktorej podzemnú vodu okrem Fe zaraďujú aj nadlimitné vyššie ukazovatele nasýtenia (Ca + Mg, O<sub>2</sub>).

Pre kvalitatívne triedy **E**, **F**, **G** a **H** podzemnej vody územia je o. i. určujúci predovšetkým obsah NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a lokálne aj Al. Územia s touto kvalitou podzemnej vody sú sústredené väčšinou do

okolía obcí a osídlených častí v alúviách povrchových tokov. Pri hodnotení kvality podzemnej vody sa zohľadňovala predovšetkým kvalita vody vo vrtoch a studniach. Nemá veľký plošný rozsah a jednoznačne poukazuje na antropogénny pôvod znečistenia (napr. Čirč, Kamenica, Lúčka, Lutina, Lukov). Neplatí to však pri zvýšenom obsahu Al (čiastočne aj  $\text{NH}_4^+$ ), ktorý sa pomerne často vyskytuje aj v samostatných prameňoch na celom území. Plošne najrozsiahlejšia oblasť s týmto charakterom znečistenia bola vymedzená v jv. časti územia v povodí riečky Ternianka.

Z hľadiska vodohospodárskeho kritéria upraviteľnosti prírodnej podzemnej vody v zmysle STN 75 7214 patrí dominantná časť (95 %) podzemnej vody regiónu do najlepších kategórií A a B (tab. 6.2.16). Z hľadiska jej rozptýlených a prekrývajúcich sa miest výskytu je problematické plošné znázornenie zastúpenia týchto kategórií na mape. Na potenciálne vodárenské využívanie tejto podzemnej vody je potrebná len jej jednostupňová úprava (najmä dezinfekcia, jednoduchá filtrácia, prevzdušnenie a odželeznenie). Do týchto kategórií patrí tak podzemná voda prameňov, ako aj hlbokých a plytkých vrtoch.

Do horšej kategórie upraviteľnosti C (dvojstupňová a viacstupňová úprava) sa zaraďuje podzemná voda (20 vzoriek z celého súboru využitých analýz), ktorá má okrem obsahu Fe najmä vyšší obsah  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_4^+$ . Výskyt najhoršej kategórie upraviteľnosti D je v súbore vzoriek veľmi ojedinelý. Z celého súboru sem patria len 3 vzorky podzemnej vody.

Tab. 6.2.16. Kategórie upraviteľnosti (STN 75 7214) a ich zastúpenie v podzemnej vode regiónu.

Upraviteľnosť	Zastúpenie v území	Charakter kontaminácie
<b>Kategória A</b> Dezinfekcia, jednoduchá filtrácia, prevzdušnenie	67 %	
<b>Kategória B</b> Dezinfekcia, odželeznenie, odmangánovanie	28 %	Fe, Mn, Al, $\text{NO}_2^-$ , $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$
<b>Kategória C</b> Dvojstupňová alebo viacstupňová úprava (napr. čírenie, sorpcia, odželeznenie, odmangánovanie, dezinfekcia, fyzikálno-chemické a biologické procesy a i.)	4,5 %	Fe, Mn, Al, $\text{NO}_2^-$ , $\text{NH}_4^+$ lokálna
<b>Kategória D</b> Nevhodná na úpravu, použiteľná len výnimočne, s povolením orgánov hygienickej služby	0,5 %	$\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$ lokálna, veľmi ojedinelá

## 7. ÚDAJE O MNOŽSTVE A ODBEROCH PODZEMNEJ VODY

Základné informácie o využitelnom množstve podzemnej vody boli získané zo *Štátnej vodohospodárskej bilancie SR, časť Podzemné vody* za rok 2003 (SHMÚ, 2004). Odberné množstvá podzemnej vody podľa jednotlivých okresov sú uvedené v tab. 7.1. Podľa týchto údajov sa v roku 1994 odoberalo zo spomínaného regiónu na zásobovanie sumárne **10,51 l . s<sup>-1</sup>** podzemnej vody, z toho z okresov Bardejov **5,82 l . s<sup>-1</sup>**, Prešov **0,62 l . s<sup>-1</sup>**, Sabinov **1,97 l . s<sup>-1</sup>** a Stará Ľubovňa **2,10 l . s<sup>-1</sup>**.

Na zásobovanie pitnou vodou sa využívajú hlavne zdroje podzemnej vody viazané na horniny flyšového a bradlového pásma. Zdroje podzemnej vody sa využívajú predovšetkým na hromadné zásobovanie obyvateľstva prostredníctvom miestnych gravitačných vodovodov (MGV) a tiež pre skupinový gravitačný vodovod (SGV):

1. MGV Čirč,
2. MGV Kružlov,
3. MGV Lenartov,
4. MGV Malcov,
5. MGV Milpoš,
6. MGV Šarišské Jastrabie,
7. MGV Šiba
8. SGV Hertník – Fričkovce (pre obce Bartošovce, Fričkovce, Hertník, Osikov a Raslavice).

Doterajšie využívanie podzemnej vody v študovanej oblasti odzrkadľuje skutočnosť, že priamo v oblasti Čergova nie sú väčšie aglomerácie obyvateľstva, resp. priemyslu, ktoré by si vyžadovali centrálné riešenie zásobovania pitnou a úžitkovou vodou. Jednotlivé obce, resp. časti obcí a poľnohospodárske družstvá riešili potreby vody vybudovaním vlastných studní, prípadne zachytením prameňov v blízkosti spotrebiska. Časť obyvateľstva sa zásobuje individuálne z vlastných, prevažne plytkých studní v kvartérnych sedimentoch (tab. 7.2).

Povrchová voda na zásobovanie obyvateľstva sa odobrá z potoka Veska v množstve 1,6 l . s<sup>-1</sup> (priemer 1981 – 1983, Východoslovenské vodárne, a. s., Košice, odštepny závod Bardejov, pre skupinový gravitačný vodovod Hertník – Fričkovce).

Tab. 7.1. Odbery podzemnej vody zo študovaného územia v roku 1994 (SHMÚ Bratislava).

Lokalita	Názov zdroja	Q (l . s <sup>-1</sup> )
<b>OKRES BARDEJOV</b>		
Bogliarka	studňa	0,02
Bogliarka	studňa – prameň	0,03
Hertník	prameň	0,20
Hervartov	3 pramene	0,52
Hervartov	pramene	0,14
Kružlov	2 studne R 8 a R 10	1,57
Kružlov	2 studne	0,65
Kružlov	studňa – prameň	0,35
Kružlov	studňa – prameň	0,03
Kružlov	studňa	0,04
Lenartov	prameň	0,53
Livov	vŕtaná studňa	0,00
Lukov	prameň	0,07

Tab. 7.1 – pokračovanie.

Lokalita	Názov zdroja	Q (l . s <sup>-1</sup> )
Malcov	studňa – prameň	0,08
Malcov	studňa – prameň	0,03
Malcov	vrt HG-1	0,02
Osikov	1 studňa – prameň	0,23
Šiba	2 pramene a vrt	1,22
Šiba	2 pramene	0,07
<b>Spolu</b>		<b>5,82</b>
<b>OKRES PREŠOV</b>		
Geraltov	2 studne	0,34
Chmeľov	studňa	0,28
<b>Spolu</b>		<b>0,62</b>
<b>OKRES SABINOV</b>		
Drienica	studňa	0,02
Drienica	prameň HA	0,11
Drienica	hlavný prameň	0,03
Drienica	prameň PO	0,29
Drienica	3 pramene	0,03
Lúčka – Potoky	2 pramene	0,23
Ľutina	Marlova-V	1,08
Milpoš	studňa	0,19
<b>Spolu</b>		<b>1,97</b>
<b>OKRES STARÁ ĽUBOVŇA</b>		
Čirč	4 pramene	0,80
Kyjov	10 prameňov	0,33
Ruská Voľa	prameň	0,15
Šarišské Jastrabie	4 pramene	0,82
<b>Spolu</b>		<b>2,10</b>

Tab. 7.2. Využitelné množstvo podzemnej vody v hydrogeologických rajónoch – stav v roku 2003 (podľa SHMÚ, 2004).

Hydrogeologický rajón	Čiastkový rajón	Lokalita	Okres	Využitelné množstvo			Zhodnotenie využívania			Poznámka	
				Kategória	I. s <sup>-1</sup>	Kvalita	Odber (l. s <sup>-1</sup> )	Využitelnosť	Bilančný stav		
P 109	subrajón povodia Bodrogu BG 00 – čiastkový rajón paleogénu (bilančný profil: 4 610 Topľa – Bardejov)	povodie Tople Livovská Huta – Lukov)	BJ	B C1 C2	10,0 10,7 30,8	V	0,03	V1	dobrý 1 716,6		
		povodie Slatvinca (po Kružľov)	BJ	B C1 C2	27,4 0,5 14,5	V	0,05	V1	dobrý 848,0		
		povodie Večného potoka (po Lenartov)	BJ	C1 C2	6,4 4,8	V	0,79	V1	dobrý 14,17		
		povodie Veľkého Rybného potoka (nad Malcovom)	BJ	B C2	7,6 8,9	V	1,63	V1	dobrý 10,12		
		rozptýlené lokálne zdroje	BJ	II. III.	14,0 5,0	V, O	2	V1 – V2			
		povodie Šibskej vody (nad Šibou)	BJ	C1 C2	0,6 10,1	V	3,58	V1	uspokojivý 2,98		
	subrajón povodia Bodrogu BG 00 – čiastkový rajón paleogénu (bilančný profil: 5 000 Topľa – Hanušovec)	rozptýlené lokálne zdroje	BJ	II.	4	V, O	0,82	V1 – V2			
		subrajón povodia Hornádu HD 00 – čiastkový rajón paleogénu (bilančný profil: 3 940 Torysa – pod Lutinkou)	povodie Lutinky (nad Lutinkou)	SB	C1 C2	18,3 23,4	V	0,71	V1	dobrý 58,73	
			rozptýlené lokálne zdroje	SB	III.	1	O	0,42	V1 – V2		

Tab. 7.2 – pokračovanie.

Hydrogeologický rajón	Čiastkový rajón	Lokalita	Okres	Využitelné množstvo			Zhodnotenie využívania			Poznámka
				Kategória	I. s <sup>-1</sup>	Kvalita	Odber (l . s <sup>-1</sup> )	Využitelnosť	Bilančný stav	
P 109	subrajón povodia Hornádu HD 00 – čiastkový rajón paleogénu (bilančný profil: 4 160 Torysa – pod Sekčovom)	Bodovce – Drienica	SB	C2 III.	10,9 3,0	V, B	0,28	V1	dobrý 49,64	
	subrajón povodia Hornádu HD 00 – čiastkový rajón paleogénu (bilančný profil: 4 440 (Sekčov – ústie))	rozptýlené lokálne zdroje	BI, PO	C1 C2 I. II.	3,1 12,8 2,0 1,0	V, O	5,49	V2		
	subrajón povodia Popradu PD 00 – čiastkový rajón paleogénu (bilančný profil: 2 000 Poprad – štátna hranica)	povodie potoka Soliská (nad Čičcom)	SL	B C1 C2	10,0 0,4 22,5	V	0,51	V1	dobrý 64,5	
	subrajón povodia Popradu PD 00 – čiastkový rajón paleogénu (bilančný profil: mimo bilančného profilu)	rozptýlené lokálne zdroje	SL	II. III.	6,0 1,0	V, O	1,58	V1 – V2		
		Ruská Voľa nad Popradom	SL	C2	1,3	V	0,12	V1	dobrý 10,0	

## 8. MINERÁLNA VODA

Minerálna voda v regióne Čergova sa viaže tak na sedimenty bradlového pásma, ako aj na sedimenty flyšového pásma, hoci v menšom množstve. Minerálna voda vystupujúca na lokalitách v Bogliarke, Hanigovciach, Jakubovanoch a Olejníkove má z pohľadu mineralizácie charakter obvyčajnej podzemnej vody s obsahom sulfánu od 1,1 do 4,01 mg · l<sup>-1</sup> (tab. 8.1). V bradlovom pásme vystupuje sulfánová voda v prirodzených prameňoch na priečných tektonických zónach. Z pohľadu chemického zloženia ide o vodu chemického typu Ca–Mg–HCO<sub>3</sub>, Ca–Na–HCO<sub>3</sub> a Na–Ca–HCO<sub>3</sub>, ktorá má vadózny pôvod s plytkým obhom. Obsah síranov sa pohybuje od 9,87 mg · l<sup>-1</sup> (BV-17) do 60,48 mg · l<sup>-1</sup> (PV-15).

### *Bogliarka*

Prameň *Vajcovka/BV-17* sme počas terénnych prác nenašli a predpokladáme, že mohol byť zničený melioráciou pasienkov. Túto skutočnosť potvrdzuje aj informácia na stránke SAŽP Banská Bystrica (<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/bj/bv-17.html>), kde je uvedené, že prameň sa pri zameraní v teréne nenašiel.

### *Hanigovce*

Prameň *Hostcová voda/PV-15* (obr. 8.1, č. prameňa 348) sa nachádza na hornom konci obce Hanigovce oproti poslednému domu v hlbokom výmoli, cez ktorý preteká potok. Prameň je zachytený do železnej rúry s priemerom 0,35 m do hĺbky 0,35 m. Úpravu urobili občania v roku 1940. Prameň nie je chránený a je znečisťovaný (povrchová voda, počasie), voda v prameni zapácha po H<sub>2</sub>S a má mdlú chuť.

Prameň *Vajcovka/PV-106* (obr. 8.2, č. prameňa 347) sa nachádza na hornom konci obce oproti poslednému domu v hlbokom výmoli asi 3 m vľavo od prameňa PV-15. Prameň nie je zachytený, je znečisťovaný zeminou zo svahu a listím. Miesto výveru je ohradené debnením a kamením lichobežníkového tvaru.



Obr. 8.1. Hostcová voda/PV-15 (foto: M. Mlynařík et al., 2011).



Obr. 8.2. Prameň Vajcovka/PV-106 (foto: M. Mlynařík et al., 2011).

### **Jakubovany**

*Prameň v lese/PV-19* (obr. 8.3, č. prameňa 1 017) sa nachádza asi 1,5 km od obce Jakubovany v lese. Prameň bol prehĺbený a zachytený pre obecný vodovod, následne stratil chuť po  $H_2S$ , teraz je to obyčajná voda. Areál je oplotený.



Obr. 8.3. Prameň v lese/PV-19 (foto: M. Mlynarčík et al., 2011).

### **Olejník**

*Prameň Švabl'ovka/PV-48* (obr. 8.4, č. prameňa 517) sa nachádza v katastri obce Olejník na rozhraní s katastrom obce Ľutina. Prístup k prameňu je z obce Ľutina po žltej značke asi 3,5 km od pravoslávnej kaplnky. Prameň sa nachádza pod lesom po pravej strane od Hanigovského hradu. Voda je vyvedená z lesa do kovovej rúrky. Výver je oplotený drevenou lichobežníkovou ohradou.



Obr. 8.4. Prameň Švabl'ovka/PV-48 (foto: M. Mlynarčík et al., 2011).



Tab. 8.1. Minerálna voda v hodnotenom území pohoria Čergov (Krahulec et al., 1978).

Lokalita, názov prameňa (číslo na hg. mape)	Označenie prameňa (horninové prostredie)	Hĺbka (m)	T vody (°C)	Q (l · s <sup>-1</sup> )	M	CO <sub>2</sub> (mg · l <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> S	S <sub>1</sub> (Cl)	S <sub>1</sub> (SO <sub>4</sub> )	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Chemický typ
<b>Bogliarka</b> Vájcovka (zanikol)*	<b>BV-17</b> (magurské súvrstvie)	0,15	8	0,01	322,64	6,6	2,18	20,85	4,79	0,0	0,0	38,48	40,02	0,0	Na-Ca-HCO <sub>3</sub>
<b>Hanigovce</b> Hostcová voda (348)**	<b>PV-15</b> (pročsko-jarmutské súvrstvie)	0,35	10	0,001	584,48	39,6	1,91	0,99	7,73	8,66	0,0	0,0	82,61	0,0	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
<b>Jakubovany</b> Prameň v lese (1 017)***	<b>PV-19</b> (pročsko-jarmutské súvrstvie)	0,20	5,5	0,008	620,58	30,8	4,01	1,01	6,60	0,0	0,0	25,33	65,88	0,0	Ca-Na-Mg-HCO <sub>3</sub>
<b>Olejníkov</b> Švabľovka (517)*	<b>PV-48</b> (kontakt magurského a pročsko-jarmutského súvrstvia)	0,15	6,0	0,001	604,29	40,9	1,38	2,14	7,92	5,33	0,0	0,0	84,59	0,0	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>

Chemický typ podľa prevládajúcich iónov (20 c. z. %)

\* – využíva/využíval sa náhodne na pitie, \*\* – využíva sa na pitie, \*\*\* – využíva sa pre miestny vodovod, po strate H<sub>2</sub>S

---

## 9. ZÁVER

---

*Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa pohoria Čergov 1 : 50 000 s textovými vysvetlivkami je súčasťou geologickej úlohy č. 12- 02-9/0200 Základné hydrogeologické mapy vybraných regiónov Slovenska.*

Hydrogeologická mapa zobrazuje plošný rozsah a kvantitatívnu charakteristiku prvého zvodneného kolektora v regióne. Najvýznamnejšie hydrogeologické kolektory v území predstavujú fluviálne sedimenty kvartéru (Topľa, Slatvina a Lutinka), jurské až kriedové vápence (krinoidové a hľuznaté vápence, rádiolarity, rádioláriuové vápence, karpionelové i bezkarpionelové vápence, rogožnické vrstvy) bradlového pásma, karbonatické pieskovce pročsko-jarmutského súvrstvia paleogénu bradlového pásma, hutianske súvrstvie a šambronské vrstvy centrálnokarpatského paleogénu a flyšové sedimenty krynickej jednotky. Súvrstvia slieňov, ílovcov a bridlíc tvoria hydrogeologický izolátor. Kolektory fluviálnych sedimentov kvartéru charakterizuje hodnota prietochnosti  $T = 1 \cdot 10^{-4}$  až  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , jurské až kriedové vápence charakterizuje hodnota prietochnosti  $T = 1 \cdot 10^{-4}$  až  $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , sedimenty kriedy (slieňovce s vložkami piesčitých vápencov) charakterizuje hodnota  $T = 3 \cdot 10^{-5}$  až  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Karbonatické pieskovce pročsko-jarmutského súvrstvia paleogénu bradlového pásma charakterizuje hodnota prietochnosti  $T = 3 \cdot 10^{-5}$  až  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a flyšové sedimenty krynickej jednotky hodnota prietochnosti  $T = 1 \cdot 10^{-4}$  až  $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Hutianske súvrstvie a šambronské vrstvy charakterizuje hodnota prietochnosti  $T = 3 \cdot 10^{-5}$  až  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Región Čergova predstavuje vyzdvihnutý blok flyšových hornín a izolovaných bradiel, ktorý sa nachádza nad okolitým územím. Prestup podzemnej vody zo susedných celkov je tým vylúčený, a tak tvorba podzemnej vody sa viaže na zrážkovú činnosť. Množstvo infiltrovaných zrážok závisí od hydraulických vlastností jednotlivých litologických typov hornín a pokryvných sedimentov, vegetácie a morfológie terénu. Podzemná voda vytvorená infiltráciou zrážok prúdi od oblasti napájania k erozívnej báze odvodnenia (povrchové toky) alebo vystupuje na povrch vo forme prameňov. Menšia časť podzemnej vody zostupuje z pripovrchovej zóny do tektonicky porušených zón, kde vytvára hlbší obeh. Prevažná časť podzemnej vody z pripovrchovej zóny prestupuje do fluviálnych sedimentov povrchových tokov a v menšej miere vystupuje na povrch vo forme sutinových prameňov. V regióne Čergova bolo zdokumentovaných 1 620 prameňov, z toho prevažnú časť tvorili sutinové (63 %), puklinovo-vrstvové (20 %) a puklinové pramene (10 %). Menej boli zastúpené sutinovo-puklinové (4,5 %), vrstvové (1,44 %), bariérové (0,75%) a puklinovo-bariérové pramene (0,31 %).

V horninovom masíve v regióne Čergova môžeme podľa obehu a režimu podzemnej vody vyčleniť zóny, v ktorých je obeh podzemnej vody plytký a hlbší. Plytký obeh je charakteristický pre zónou pripovrchového rozvoľnenia (50 m) a tektonické porušenie masívu nad erozívnou bázou. Hlbší obeh sa viaže na tektonicky porušené pásma so značným hĺbkovým dosahom (viac ako 100 m) pod úroveň miestnej erozívnej bázy. Pre zónu pripovrchového rozvoľnenia je charakteristické odvodňovanie vo forme sutinových prameňov, v menšej miere puklinovými a puklinovo-vrstvovými prameňmi na erozívnej báze. Vzhľadom na priepustnosť pokryvných sedimentov je výdatnosť sutinových prameňov kolísavá, maximálne hodnoty dosahuje počas jarného topenia snehu. Výdatnosť tohto typu prameňov je dosť rozkolísaná a koeficient stálosti  $K$  je väčší ako 20, čo ich charakterizuje ako pramene so zlou spoľahlivosťou. Časť podzemnej vody zo zóny pripovrchového rozvoľnenia je drénovaná tektonickými poruchami na úrovni erozívnej bázy, z ktorej vystupuje vo forme puklinových a puklinovo-vrstvových prameňov. Vzhľadom na to, že tektonické poruchy odvodňujú plošne dosť rozsiahle zóny pripovrchového rozvoľnenia, výdatnosť prameňov je vyššia a stálejšia ako v prípade sutinových prameňov. Podľa údajov režimovo sledovaných prameňov (č. 73, 315, 369, 370, 653, 879, 1 087, 1 145) sa stupeň spoľahlivosti pohybuje v intervale 5,73 – 9,21, čo charakterizuje dobrú spoľahlivosť.

Hlbší obeh je charakteristický pre tú časť masívu, ktorá je pod erozívnou bázou. Odvodňovanie tejto časti masívu prebieha vo forme puklinových a puklinovo-bariérových prameňov na križovaní tektonických porúch alebo na bariére menej priepustných ílovcových súvrství. Výdatnosť týchto prameňov často presahuje  $1,0 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a podľa údajov režimovo sledovaných prameňov (č. 943, 1 248, 1 451, 57, 565, 984, 1 017) sa stupeň spoľahlivosti pohybuje v intervale 1,73 – 4,87, čo charakterizuje výbornú až veľmi dobrú spoľahlivosť. Prítomnosť zvodnených tektonických porúch pod erozívnou bázou bola zdokumentovaná aj

hydrogeologickými vrtmi a podzemná voda v nich mala vyššiu teplotu a mineralizáciu. Čerpacie skúšky na vrtoch COH-3, -18, -15, -104, -108, -110 a -115 svedčia aj o dotovaní flyšových kolektorov podzemnou vodou z fluviálnych náplavov. Meranie prietoku zdokumentovalo významné odvodňovanie masívu prestupom podzemnej vody do fluviálnych sedimentov hlavne vo vrchných častiach povodí a na mieste, kde sa údolia zužujú. Straty vody z povrchových tokov sa zistili v rozšírených úsekoch údolí.

Vytváranie zásob podzemnej vody a odvodňovanie územia je časovo premenlivé a v priebehu roka závisí od klimatických činiteľov. V prípade režimovo sledovaných povrchových tokov, vrtoch a prameňov majú na dopĺňanie zásob podzemnej vody a jej režim najväčší vplyv dlhšie trvajúce dažde a pomalé topenie snehu na konci zimy.

Na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou sa využívajú hlavne zdroje podzemnej vody viazané na horniny flyšového pásma, menej bradlového pásma a kvartéru. Okrem podzemnej vody sa na zásobovanie využíva aj povrchová voda z potoka Veska nad Hertníkom ( $1,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Množstvo podzemnej vody odoberané z regiónu Čergova predstavuje  $10,51 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , pričom z okresu Bardejov je to  $5,82 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , Prešov  $0,62 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , Sabinov  $1,97 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a Stará Ľubovňa  $2,10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ .

V regióne Čergova bola zdokumentovaná minerálna voda v Bogliarke, Hanigovciach, Jakubovanoch a Olejníkove. Mineralizácia týchto sulfánových vôd sa pohybovala od  $322,64 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Bogliarka) do  $620,58 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Jakubovany) a výdatnosť dosahuje hodnotu od  $0,008 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (Jakubovany) do  $0,01 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  (Bogliarka). Minerálny prameň v Bogliarke v súčasnosti zanikol. Prameň v Jakubovanoch stratil  $\text{H}_2\text{S}$  po tom, čo sa realizovalo jeho hlbšie zachytenie a dnes je to obyčajná podzemná voda.

Hlavným kolektorom podzemnej vody regiónu je pripovrchová zóna paleogénnych komplexov s ich plytkým a pomerne rýchlym obehom, krátkodobým stykom s horninovým prostredím a rýchlym odtokom k erozívnej báze, resp. do recipientov. Odvodňuje sa v početných prameňoch, v ktorých z hydrochemického hľadiska dominuje voda výrazného vápenato-(horečnato)-hydrogenuhličitanového typu so zastúpením zložky  $\text{S}_2(\text{SO}_4)$  s mineralizáciou  $58 - 676 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Celková mineralizácia vody prameňov výrazne klesá so stúpajúcou nadmorskou výškou.

V prípade hlbšieho obehu sa najmä vo vrtoch v dôsledku významného uplatnenia ionovými procesov ( $\text{Ca} \rightarrow \text{Na}$ ) zistila voda chemického  $\text{Na-HCO}_3$  typu s vyššou mineralizáciou ( $214 - 867 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

Z kvalitatívneho hľadiska podzemná voda väčšinou vyhovuje legislatívnym požiadavkám na pitnú vodu. V zmysle smernice MŽP má najväčšie zastúpenie (54 %) najlepšia trieda kvality **A**. Druhou najpočetnejšou (23 %) je trieda kvality **B**, pri ktorej podzemná voda nevyhovela kritériám v ukazovateľoch požadovaného nasýtenia vody  $\text{O}_2$  ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a  $\text{Ca} + \text{Mg}$  ( $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Túto kvalitu, resp. nízku tvrdosť má podzemná voda v širšom okolí svahov priľahlých k najvyšším hrebeňovým častiam pohoria (Minčol 1 176 m n. m., Solisko 1 056 m n. m.).

Kvalitatívne triedy **C** (7 %) a **D** (4 %) určuje v území v dominantnej miere nadlimitný obsah Fe a ukazovatele nasýtenia ( $\text{Ca} + \text{Mg}$ ,  $\text{O}_2$ ). Pramene a vrty s podzemnou vodou tejto kvality sa vyskytujú rozptýlene na celom území.

Pre kvalitatívne triedy **E**, **F**, **G** a **H** je určujúci predovšetkým obsah  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  a lokálne aj Al. Územia s touto kvalitou podzemnej vody sú sústredené väčšinou do okolia obcí a osídlených častí v alúviách povrchových tokov a vyskytujú sa vo vrtoch a studniach. Jednoznačne poukazujú na antropogénny pôvod znečistenia. Rozptýlene na celom území sa však v prameňoch častejšie vyskytuje aj zvýšený obsah Al a čiastočne aj  $\text{NH}_4^+$ .

---

## 10. LITERATÚRA

---

### A

Atlas krajiny Slovenskej republiky, 2002, 1. vyd. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR; Banská Bystrica, Slovenská agentúra životného prostredia, 344 s.

Atlas SSR, 1982, Bratislava, Veda.

Andrusov, D., 1945: Geologický výskum vnútorného bradlového pásma v Západných Karpatoch. Práce Št. geol. Úst. (Bratislava).

### B

Bajo, I., Cibulka, L. a Szabová, A., 1984: Čerchovské pohorie (vyhľadávací hydrogeologický prieskum). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Bajo, I., Cibulka, L. a Szabová, A., 1994: Paleogén Čergova (predbežný hydrogeologický prieskum). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Bieda, F., 1957: Fauna veľkých foraminifér vrchného eocénu Slovenska. Geol. Sbor. (Bratislava), 8, 1.

Biely, A., Bezák, V., Elečko, M., Gross, P., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenska 1 : 500 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 77 s.

Birkenmajer, K. a Dudziak, J., 1981: Wiek fliszu magurskiego (paleogen) północnego obrzeżenia pienińskiego pasa skałkowego w Polsce na podstawie nannoplanktonu. Stud. geol. pol. (Warszawa), 70, 7 – 36.

Birkenmajer, K. a Oszczytko, N., 1989: Cretaceous and Palaeogene lithostratigraphic units of the Magura Nappe, Krynica Subunit, Carpathians. Ann. Soc. géol. Pol., 59, 145 – 181.

Bystrická, H., Leško, B. a Samuel, O., 1970: Stratigrafia paleogénnych sérií severne od Malej Domaše. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 51, 149 – 163.

### C

Cibulka, L. a Szabová, A., 1975: Čerchovské pohorie – hydrogeologická štúdia. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Cibulka, L. a Szabová, A., 1975: Čergovské pohorie – hydrogeologická štúdia. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Cibulka, L., 1975: Čerchovské pohorie – hydrogeologická štúdia. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Cieszkowski, M., Zuchiewicz, W. a Schnabel, W., 1998: Sedimentological and tectonic features of the Poprad sandstone Member, Eocene, Magure Nappe: Case study of the Klikuczowa quarry, Outer West Carpathians, Poland. Bull. Pol. Acad.: Earth Sci., 46, 1, 55 – 74.

### F

Feranec, J. a Oťaheľ, J., 2003: Mapovanie krajinej pokrývky a zmien krajiny pomocou údajov diaľkového prieskumu zeme. Životné prostredie, 37, 1, 25 – 29.

Franko, O., Gazda, S. a Michalíček, M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.

### G

Gazda, S., 1971: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. Hydrogeologická ročenka 1969 – 1970. Praha, 122 – 126.

Gross, P., Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Maglay, J., Halouzka, R., Karoli, S., Nagy, A., Spišák, Z., Žec, B., Vozár, J., Borza, V., Lukáčik, E., Janočko, J., Jetel, J., Kubeš, P., Kováčik, M., Žáková, E., Mello, J., Polák, M., Siraňová, Z., Samuel, O., Snopková, P., Raková, J., Zlinská, A., Vozárová, A. a Žecová, K., 1999: Vysvetlivky ku geologickej mape Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 239 s.

### H

Halešová, A., Bajo, I., Cibulka, L., Frankovič, J., Mlynarčík, M., Szabová, A. a Vágašiová, E., 1976: Povodie Hornádu – registrácia prameňov. Manuskript. Košice, archív IGHP.

Haluška, M., Szabová, A. a Kornaj, M., 1973: Povodie Popradu – registrácia prameňov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Hanzel, V., Zakovič, M. a Gazda, S., 1974: Hydrogeologická mapa 1 : 200 000, list Poprad, čiastková záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Haško, J. a Polák, M., 1979: Vysvetlivky ku geologickej mape Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 145 s.

Hynie, O., 1961: Hydrogeologie ČSSR 1. Prosté vody. Praha, Nakladatelství Československé akademie věd.

### CH

Chochol, M., Škvarka, L., Rapant, S. a Molnár, J., 1984: Hydrogeologické pomery Šarišskej vrchoviny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

## J

- Jankowski, L. a Kopciowski, R., 1999: Correlation of the Magura and Dukla Units of the Polish-Slovak border area. *Biuletyn (Państw. Inst. geol.) (Warszawa)*, 387, 106 – 114.
- Jetel, J., 1987: Relatívna informačná entropia v hydrogeochémii a hydrogeochemických mapách. In: *Hornická Příbram ve vědě a technice, sekcia Matematické metody v geológii. Příbram*, 354 – 356.
- Jetel, J., 1999: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Ľubovnianskej vrchoviny a Pienin 1 : 50 000 – textové vysvetlivky. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Jetel, J. a Kullman, E., 1989: Nepriame určenie priemernej prietochnosti z podzemného odtoku a výdatnosti prameňov. *Region. geol. Západ. Karpát (Bratislava)*, 25, 242 – 257.
- Jetel, J. a Rybářová, L., 1983: Závislost chemismu podzemních vod v připovrchové zóně rozpukaných horninových masívů na rychlosti proudění. Manuskript. Praha, Geofond.
- Jetel, J. a Rybářová, L., 1985a: Nepřímé určování propustnosti připovrchové zóny podle hydrochemických charakteristik. Manuskript. Praha, Geofond – Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Jetel, J. a Rybářová, L., 1985b: Vztah hydrogeochemických a hydrodynamických charakteristik v rozpukaných horninách. Manuskript. Praha, Geofond – Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

## K

- Káčer, Š., Antalík, M., Lexa, J., Zvara, I., Fritzman, R., Vlachovič, J., Bystrická, G., Brodnianska, M., Potfaj, M., Madarás, J., Nagy, A., Maglay, J., Ivanička, J., Gross, P., Rakús, M., Vozárová, A., Buček, S., Boorová, D., Šimon, L., Mello, J., Polák, M., Bezák, V., Hók, J., Teťák, F., Konečný, V., Kučera, M., Žec, B., Elečko, M., Hraško, L., Kováčik, M. a Pristaš, J., 1995: Slovenská republika – digitálna geologická mapa v M 1 : 50 000 a 1 : 500 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Koráb, T., Nemčok, J., Ďurkovič, T. a Marschalko, R., 1962: Prehľadný výskum orientovaných sedimentárnych textúr vo flyši východného Slovenska. *Geol. Sbor. (Bratislava)*, 13, 2, 257 – 274.
- Krahulec, P., Rebora, A., Uhlarik, J. a Zeman, J., 1978: Minerálne vody Slovenska II. Martin, Osveta, 1 040 s.
- Krásný, J., 1986: Klasifikace transmisivity a její použití. *Geol. Průzk. (Praha)*, 6, 177 – 179.
- Kullman, E., ml., Malík, P., Patschová, A. a Bodiš, D., 2005: Vymedzenie útvarov podzemných vôd na Slovensku v zmysle rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES. *Podzemná voda (Bratislava)*, XI, 5, (ISSN 1335-1052), 5 – 18.

## L

- Leško, B. a Samuel, O., 1968: Geológia východoslovenského flyšu. Bratislava, Veda, Vyd. Slov. Akad. Vied, 245 s.
- Leško, B., 1960: Faciálne rozvíjanie fliša v vostočnej Slováckii. *Mater. Karpatobalkan. Assoc. (Kijev)*, 3, 115 – 118.
- Leško, B., 1963: Geologija klipovoj i flišovoj zon vostočnoj Slováckii. *Geologija (Moskva)*, 1.

## M

- Marschalko, R. a Kysela, J., 1980: Geológia a sedimentológia bradlového pásma a manínskej jednotky medzi Žilinou a Považskou Bystricou. *Západ. Karpaty, Sér. Geol. (Bratislava)*, 6, 7 – 79.
- Marschalko, R., 1975: Sedimentologický výskum paleogénnych zlepcov bradlového pásma a príľahlých tektonických jednotiek a prostredie ich vzniku (východné Slovensko). *Náuka o Zemi, Sér. geol. (Bratislava)*, 10, 143.
- Matějka, A., Buday, T., Březina, J., Cicha, I., Čechovič, V., Čtyroký, P., Dornič, J., Eliáš, M., Fusán, O., Hanzlíková, E., Chmelík, F., Kuthan, M., Kvitkovič, J., Marschalko, R., Mazúr, E., Nemčok, J., Porubský, A., Pesl, V., Slávik, J., Stráňík, Z., Švagrovský, J. a Zorkovský, B., 1964: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, listy Zborov – Košice M-34-XXII – M-34-XXVIII. Bratislava, Úst. Úst. geol., 254 s.
- Mazúr, E. a Lukniš, M., 1986: Geomorfologické členenie SSR. Bratislava, Slovenská kartografia.
- Mišík, M., Sýkora, M. a Jablonský, J., 1991: Strihovské zlepenca a juhmagurská kordiléra (Strihovce Conglomerates and South-Magura Exotic Ridge, Western Carpathians). *Západ. Karpaty, Sér. Geol. (Bratislava)*, 14, 7 – 72.
- Mlynarčík, M., Bajo, I., Burčová, M., Pramuk, V., Adzimová, K. a Syčev, V., 2011: Revízia registrácie minerálnych zdrojov na území vybraných okresov Prešovského kraja – okresy Svidník, Prešov, Bardejov a Sabinov. *Doplnkový hydrogeologický prieskum. GEO Slovakia, Košice. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (ID 91 637)*, 27 s.

## N

- Nemčok, J. a Ďurkovič, T., 1989: Litológia malcovského súvrstvia. *Geol. Práce, Spr. (Bratislava)*, 89, 39 – 50.
- Nemčok, J., 1990: Geologická mapa Pienin, Čergova, Ľubovnianskej a Ondavskej vrchoviny v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Nemčok, J., Koráb, T. a Ďurkovič, T., 1961: Výskyt jaselských lupkov v magurskom flyši. *Geol. Práce, Zpr. (Bratislava)*, 23, 125 – 135.
- Nemčok, J., Koráb, T. a Ďurkovič, T., 1968: Lithological investigation of conglomerates of Magura Flysch in the East Slovakia. *Geol. Práce, Zpr. (Bratislava)*, 44 – 45, 105 – 118.
- Nemčok, J., Zakovič, M., Gašpariková, V., Ďurkovič, T., Snopková, P., Vrana, K. a Hanzel, V., 1990: Vysvetlivky ku geologickej mape Pienin, Čergova, Ľubovnianskej a Ondavskej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 131 s.

## O

- Oszczypko, N., 1979: Budowa geologiczna północnych stoków Beskidu Sądeckiego między Dunajcem a Popradem (płazczowina magurska). *Ann. Soc. geol. Pol.*, 49, 293 – 325.
- Oszczypko, N., Malata, E., Oszczypko-Clowes, M. a Duńczyk, L., 1999: Budowa geologiczna Krynicy (płazczowina magurska). *Przegl. geol. (Warszawa)*, 47, 6, 549 – 559.

**P**

- Pelto, C. E., 1985: Mapping of multicomponent systems. *J. Geol.* (Chicago), 62, 5, 151 – 155.
- Pesl, V., 1968: Litofacie paleogénu v magurské jednotce vnějších flyšových karpát na území ČSSR a PLR. *Sbor. geol. Vied, Západ. Karpaty* (Bratislava), 9, 71 – 118.
- Pospíšil, P., 1968: K problému získania pitnej vody v súvrstviach flyšového pásma na východnom Slovensku. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*
- Potfaj, M., 1998: Geodynamic development of the Klippen Belt and Flysch Belt. In: Rakús, M. (Ed.): *Geodynamic development of the Western Carpathians*. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 143 – 154.
- Potfaj, M., Samuel, M., Raková, J. a Samuel, O., 1991: Geologická stavba Kubínskej hole (Orava). *Západ. Karpaty, Sér. Geol.* (Bratislava), 15, 25 – 66.
- Pramuka, S., Bačo, P., Čurlík, J., Čížek, P., Gluch, A., Janočko, J., Kohút, M., Marsina, K., Olekšák, S., Petro, L., Polaščinová, E., Polc, R., Repčiak, M., Siráňová, Z., Smolárová, H., Stercz, M., Stupák, Š., Šefčík, P. a Záhorová, L., 2004: Súbor máp geofaktorov ŽP regiónu povodia Popradu a hornej Torysy, orientačný GP ŽP. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*
- Rapant, S. a Bodiš, D., 2003: Metodika zostavovania základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. *Geol. Práce, Spr.* (Bratislava), 108, 11 – 22.

**R**

- Rapant, S., Vrana, K., Bodiš, D., Doboš, V., Hanzel, V., Kordík, J., Slaninka, I., Repčoková, Z. a Zvara, I., 1996: *Geochemický atlas Slovenskej republiky, Podzemné vody*. Bratislava, GS SR, 127 s.

**S**

- Shannon, C. E. S. a Weaver, W., 1949: *The mathematical theory of communications*. Press of III. University Urbana.
- Stráník, Z. a Roth, Z., 1959: Předběžná zpráva o geologických výzkumech v Čerhovském pohoří a v západní bardejovské části Ondavské vrchoviny. *Zpr. geol. Výzk. r. 1957* (Bratislava), 228 – 231.
- Stráník, Z. a Roth, Z., 1960: Předběžná zpráva o geologických výzkumech v Čerhovském pohoří a v západní bardejovské části Ondavské vrchoviny. *Zpr. geol. Výzk. r. 1958* (Bratislava), 152 – 155.
- Stráník, Z., 1963: *Geologie Čerhovského pohoří a západní části Ondavské vrchoviny*. Kandidátská práce. ÚÚG Praha. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra*, 51 s.
- Stráník, Z., 1965: *Geologie magurského flyše Čerhovského pohoří a západní části Ondavské vrchoviny*. *Sbor. geol. Vied, Západ. Karpaty* (Bratislava), 3, 125 – 173.

**Š**

- Świdziński, H., 1953: Karpaty fliszowe między Dunajcem a Sanem. *Region. geol. Polski, Karpaty, Tektonika*(Kraków), 1, 2, 362 – 418.
- Świdziński, H., 1961a: Observations géologiques faites dans les environs de Leluchów, de Plavec sur le Poprad et d'Ujak (Karpates polono-slovaques). *Bull. Acad. pol. Sci., Sér. Sci. Géol. Géogr.*, 9, 2, 99 – 107.
- Świdziński, H., 1961b: La Série da Richvald dans les Karpates Flyscheuses. *Bull. Acad. pol. Sci., Sér. Sci. Géol. Géogr.*, 9, 2, 109 – 119.

**Z**

- Zakovič, M. (ed.), Baňacký, V., Bodiš, D., Franko, O., Hanzel, V. a Koráb, T., 1988: *Vysvetlivky k základnej hydrogeologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list 28 Svidník*. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 79 s.
- Zakovič, M., Bodiš, D. a Lopašovský, K., 1993: *Vysvetlivky k hydrogeologickej mape 1 : 50 000 Šarišská vrchovina*. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

**Ž**

- Žák, A., 1969: *Hydrogeologický prieskum vonkajšieho flyšového pásma na východnom Slovensku (I. etapa)*. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

<http://www.cergov.sk/> (2006-07-02)

<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/bj/> (2006-05-16)

Štátna vodohospodárska bilancia SR – časť Podzemné vody za rok 2003. Ročenka 2004. Bratislava, SHMÚ.

---

## 11. SUMMARY

---

The Čergov region represents a raised block of flysch mountain rocks and isolated Klippen belt embayments, located above the surrounding area. The transfer of groundwater from neighbouring geological units is thus excluded, so the process of groundwater formation is bound to precipitations. The amount of infiltrated precipitation depends on the hydraulic properties of individual lithological rock types and their cover sediments, vegetation and terrain morphology. Groundwater created by precipitation infiltration flows from the feeding area to the dewatering base (erosive streambeds or surface streams) or reappears on the ground surface in the form of springs – natural groundwater outlets. A smaller part of groundwater descends from the near-surface zone into the tectonically disturbed zones where it forms deeper circulation paths. Majority of groundwater from the near-surface zone passes into the fluvial sediments of the surface streams and – in a lesser extent – it emerges on the ground surface in the form of debris springs. 1 620 springs were documented in the region of Čergov, of which majority belongs to the talus springs category (63 %), but also to fissure-bed spring types (20 %) and fissure spring types (10 %). Fewer talus – fissure (4.5 %), bed (1.44 %), barrier (0.75 %) and fissure-barrier spring types (0.31 %) were also recognized here, but in a lesser extent.

### Hydraulic parameters of rocks

Hydrogeological map shows the areal extent and quantitative characteristics of the uppermost drained aquifer in the region. The most important aquifers in the area are the Quaternary fluvial sediments (Topľa, Slatvina and Lutinka streams), Jurassic to Cretaceous limestones (crinoid limestones, nodular limestones, radiolarites, radiolaritic limestones, Calpionella and non-Calpionella limestones, Rogoznik beds) of the Klippen Belt, Paleogene carbonate sandstones (Proč-Jarmuta Formation) of the Klippen Belt, Huty Formation and Šambron Beds of the Central-Carpathian Paleogene and flysch sediments of the Krynica Unit. The Formations of marls, clay and shales are considered as aquicludes. Quaternary fluvial sediments can be characterized by transmissivity values of  $T = 1 \cdot 10^{-4}$  to  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , transmissivity of Jurassic to Cretaceous limestones is ranging between  $1 \cdot 10^{-4}$  and  $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  and transmissivity  $T = 3 \cdot 10^{-5}$  to  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  is typical for Cretaceous sediments (marlstones with inserts sandy limestone). Paleogene carbonate sandstones of the Proč-Jarmuta Formation are characterized by transmissivity values  $T = 3 \cdot 10^{-5}$  to  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  and flysch sediments of the Krynica Unit by  $T = 1 \cdot 10^{-4}$  to  $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . In the Central-Carpathian Paleogene Huty Formation and Šambron Beds, transmissivity values are found between  $T = 3 \cdot 10^{-5}$  and  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

### Groundwater circulation

According to the typical features of groundwater circulation and groundwater regime, two zones can be distinguished in the rock mass of the Čergov region, with shallow or deeper groundwater circulation. Shallow groundwater circulation is typical for the near-surface zone (50 m) of the rock mass disintegration and also for the tectonic rock mass disintegration above the erosive base. Deeper groundwater circulation is found in fault zones of considerable depth range (more than 100 m) below the local erosive base. For the zone of near-surface disintegration, dewatering in the form of talus springs is typical, fissure springs and fissure-bed springs on an erosive base are also present, but in a lesser extent. Due to the enhanced permeability of cover sediments, talus springs discharges are extremely fluctuating, reaching maximum values during snowmelt in the spring period. Yield stability coefficient  $K$  is greater than 20 for this type of springs (quite unsteady characteristics, which marks these as springs of poor reliability). Part of groundwater is drained from the near-surface zone of disintegration by tectonic faults on the erosive base level in the form of fissure and fissure-bed spring types. Due to the fact that tectonic faults are able to drain larger areas of near-surface disintegration zone, yield of fissure spring types is usually higher and more stable than the yield of talus springs. According to regime observation results of the quantitatively monitored springs (No. 73, 315, 369, 370, 653, 879, 1 087 and 1 145), their reliability degree was found ranging from 5.73 to 9.21, what represents a good reliability.

Deeper groundwater circulation is typical for the part of the massif situated below the erosional base. Drainage of deeper massif parts is concentrated to the fissure and fissure-barrier spring types mostly found at the tectonic faults crossing, or on hydraulic barriers formed by less permeable claystone complexes. Discharge of these springs often exceeds  $1.0 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , and according to the discharge values records at the quantitatively monitored springs (No. 943, 1 248, 1 451, 57, 565, 984 and 1 017), the degree of reliability ranges here from 1.73 to 4.87, which signalizes excellent to very good reliability. The presence of water-bearing tectonic faults under the erosion base had also been documented by hydrogeological boreholes, where groundwater with higher temperature and total dissolved solids was found. Pumping tests performed on boreholes COH-3, 18, 15, 104, 108, 110 and 115 also show feeding of flysch aquifers by groundwater from fluvial sediments. Stream discharge measurements by current meter documented significant dewatering of the massif by groundwater percolation to fluvial sediments and water surpluses to surface streams mainly in the upper parts of the river basins and also on the places with narrower valley's morphology. On the contrary, water losses from surface streams have been found in extending stretches of the valley profiles.

### **Hydrogeochemistry**

The main aquifer in the region is the near-surface zone of Paleogene rocks with their shallow and relatively fast circulation, short-term contact with the rock environment and rapid outflow to the erosional base, or to the surface stream recipients respectively. This zone is drained in a numerous springs where from the hydrogeochemical point of view waters with a significant calcium-(magnesium) hydrogen carbonate type with  $\text{S}_2(\text{SO}_4)$  component and mineralization  $58 - 676 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  are dominating. Total dissolved solids (T.D.S.) found in springs' groundwater decrease with increasing altitude. In the case of groundwater with deeper circulation,  $\text{Na-HCO}_3$  type of chemical composition were found in the boreholes as a consequence of intensive ion exchange processes ( $\text{Ca} \rightarrow \text{Na}$ ), accompanied by T.D.S. content ( $214 - 867 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

Groundwater chemistry of springs bound to the **coarse arenaceous flysch complex** (Magura complex of the Krynica Unit) with fissure permeability is typically  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$  with T.D.S. of  $58.15 - 676.38 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (median of  $283.87 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Groundwater found in hydrogeological boreholes in the same coarse-arenaceous flysch Magura complex of the Krynica Unit was of  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$  chemical type, with  $214.43 - 867.46 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  T.D.S. content. T.D.S. median in this rock mass with fissure permeability type was  $339.28 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . The main mineralization component here was  $\text{A}_2$  (72.60 c.z %), however,  $\text{A}_1$  component (7.22 c.z % on average) is relatively significantly visible as well. The  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  content which is found in springs' groundwater in levels comparable to the average content ( $61.85 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) is significantly enriched in boreholes' groundwater by  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  ions (on average  $26.86 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). The  $\text{HCO}_3^-$  contents in boreholes' groundwater are roughly comparable to the springs' groundwater ( $229.2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), but significant proportion of this comes from the  $\text{A}_1$  component (average of  $7.22 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) and  $\text{S}_1$  component ( $12.12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), at the expense of  $\text{S}_2$  component, whose average content reaches only 7.44 %. More significant participation of  $\text{Na-HCO}_3$  component in the overall chemical composition of groundwater with deeper circulation is visible on tight correlation relationships between these components as well as in the shift to  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  in the Piper plot. Compared to the springs, significantly higher Fe contents (up to  $8.7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) were found in groundwater of some deep hydrogeological boreholes.

Fissure permeability is typical for **claystone-sandstone flysch complex** (grey calcareous claystones, sandstones and pelocarbonates in Malcov Formation of Krynica lithofacial with significant calcareous component content) and groundwater in springs of these rocks is of  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$  chemical type and achieves T.D.S. of  $314.08$  to  $623.28 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ; with a median of  $473 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Component  $\text{A}_2$  in groundwater chemical composition is also more pronounced (almost 81.16 c.z %), with already higher  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  contents (up to  $101 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) and  $\text{HCO}_3^-$  ( $297.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  on average). Lower  $\text{S}_2$  component presence is characterised by 13.29 c.z %, where major portion of  $\text{S}_2(\text{SO}_4)$  subcomponent reaches 12.62 c.z %. Groundwater chemical composition is without any representation of  $\text{A}_1$  component. Average  $\text{SO}_4^{2-}$  content is  $37.6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  here, with a median of  $36.6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .

Groundwater in springs dewatering **carbonate flysch complex** (carbonate sandstones, conglomerates, marlstones, siltstones, calcareous claystones of the Proč-Jarmuta Formation in Paleogene Klippen Belt; with fissure permeability type) is of  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$  chemical type and T.D.S. are ranging from



343.35 to 663.09 mg · l<sup>-1</sup> with a median of 470.64 mg · l<sup>-1</sup>. Overall proportions of A<sub>2</sub> and S<sub>2</sub> components in groundwater chemical composition are comparable with that of groundwater in calcareous clay-sandstone complex (A<sub>2</sub> 79.76 c.z %; S<sub>2</sub> 16.34 c.z %). For S<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) component, its representation is also comparable (14.54 c.z %). Component A<sub>1</sub> is also missing here. Compared to the springs, groundwater from boreholes located in the surface streams' alluvia is particularly typical for its strongly pronounced (H<sub>r</sub> 0.33 to 0.53) significant basic Ca–Mg–HCO<sub>3</sub> chemical types (rMg/rCa 0.3 – 0.7). The level of total dissolved solids here ranges from 334.93 to 517.63 mg · l<sup>-1</sup>; with a median of 479.5 mg · l<sup>-1</sup> (comparable to groundwater found in springs), but on the other hand, A<sub>1</sub> component (8.19 c.z % on average) and S<sub>1</sub> component (9.91 c.z %) are more important. Significant presence of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> alkalis (median 25.87 mg · l<sup>-1</sup>) is compensated by lower presence of Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>.

In calcareous sediments and carbonate rocks with fissure-karst permeability (marls, marly limestones, radiolarian limestones, crinoid and nodular limestones of Klippen Belt), groundwater is of Ca–Mg–HCO<sub>3</sub> to Ca–HCO<sub>3</sub> chemical types with T.D.S. between 362.44 and 518.39 mg · l<sup>-1</sup>, with a median of 470.64 mg · l<sup>-1</sup>.

### Groundwater quality

From the quality point of view, groundwater mostly meets the legal requirements for drinking water standards. According to the Directive of the Ministry of Environment of Slovak Republic, the highest representation (54 %) of analysed samples shows the quality class **A**. The second most abundant (23 %) is a quality class **B**. Here, groundwater found in B quality class mostly does not fulfil criteria for desired water saturation by O<sub>2</sub> (mg · l<sup>-1</sup>), and Ca + Mg (mmol · l<sup>-1</sup>). This groundwater quality type, mainly low groundwater hardness is typical for the wider area of slopes adjacent to the highest ridge parts of the mountain range (Minčol 1 176 m a. s. l., Solisko 1 056 m a. s. l.).

Qualitative class **C** (7 %) and **D** (4 %) are pronounced by over-limit Fe and saturation indicators (Ca + Mg, O<sub>2</sub>). Springs and wells of these (C and D) groundwater quality classes are found scattered throughout the territory.

The worst groundwater quality classes **E**, **F**, **G**, **H** are mostly determined by contents of NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and locally also Al. Areas with such lowered groundwater quality are mostly concentrated in the vicinity of municipalities and settlements located in surface streams' alluvia where worsened water quality is found in boreholes and domestic wells. This clearly indicates the origin of pollution in anthropogenic activities. Scattered throughout the territory, but more frequent in springs, increased contents of Al and partly NH<sub>4</sub><sup>+</sup> also occur in the area.

### Mineral waters

Within the Čergov region, mineral waters of Bogliarka, Hanigovce, Jakubovany and Olejníkov were documented. T.D.S. content in these sulphate types of mineral waters is ranging from 322.64 mg · l<sup>-1</sup> (Bogliarka) to 620.58 mg · l<sup>-1</sup> (Jakubovany), and small discharges between 0.008 l · s<sup>-1</sup> (Jakubovany) and 0.01 l · s<sup>-1</sup> (Bogliarka) are typical here. Nowadays, the mineral spring at Bogliarka is considered as extinct. Spring in Jakubovany lost its H<sub>2</sub>S content after an attempt for its deeper capturing was realized, and only a fresh groundwater is found here recently.

### Groundwater exploitation

Formation of groundwater resources and natural groundwater drainage is time-varying and dependent on climate factors over the course of the year. According to gauged surface streams, boreholes and springs, both long-lasting rainfall and slow melting of snow at the end of the winter season pose the greatest impact on groundwater reserves replenishment. Mostly groundwater sources tied to Flysch zone rocks are abstracted for drinking water supply purposes. In a lesser extent, Klippen Belt and Quaternary aquifers are exploited. In addition to groundwater, surface water from the Veska stream above the village of Hertník (1.6 l · s<sup>-1</sup>) is also used for drinking water supply. Total groundwater amount abstracted in the Čergov region counts not more than 10.51 l · s<sup>-1</sup>, from which for the consumption in the Bardejov district is 5.82 l · s<sup>-1</sup>, in the Prešov district 0.62 l · s<sup>-1</sup>, Sabinov district 1.97 l · s<sup>-1</sup> and Stará Ľubovňa district 2.10 l · s<sup>-1</sup>.

**VYSVETLIVKY K ZÁKLADNEJ HYDROGEOLOGICKEJ A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE  
POHORIA ČERGOV 1 : 50 000**

---

Vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava 2017

Vedúci odd. vydavateľstva ŠGÚDŠ a propagácie: RNDr. Ladislav Martinský

Jazyková redaktorka: Ing. Janka Hrtusová

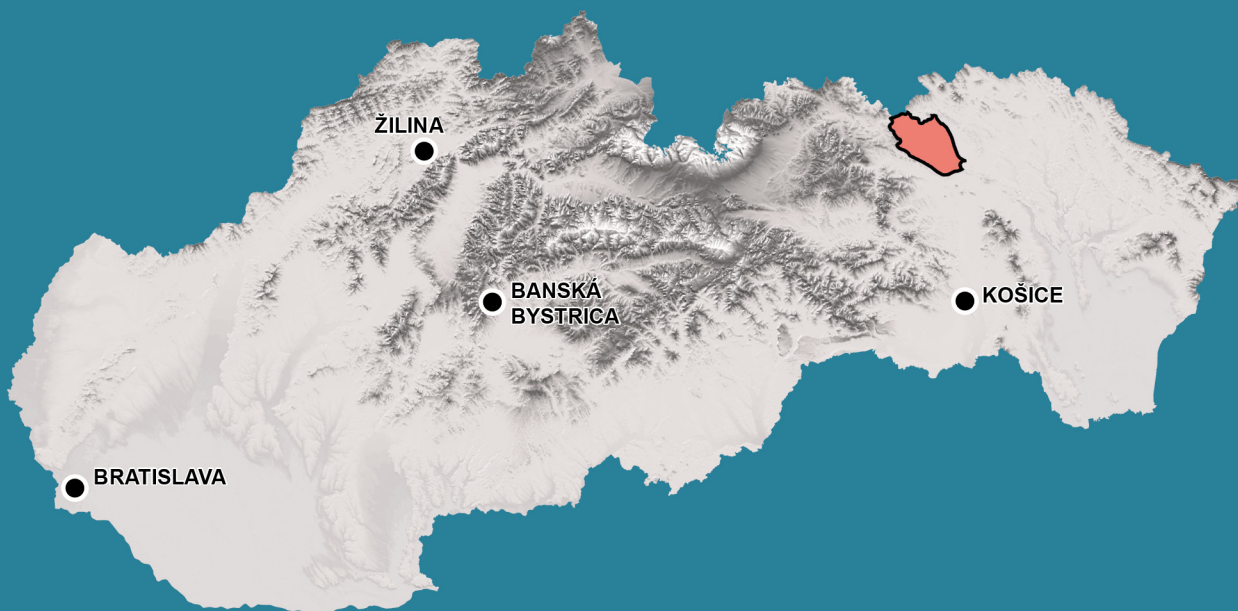
Grafická úprava a technické spracovanie: Slávka Žideková

Návrh obálky: Mgr. František Bottlík

Tlač a knižárske spracovanie: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

**ISBN**





ISBN 978-80-8174-028-2